

Anat.

163

&

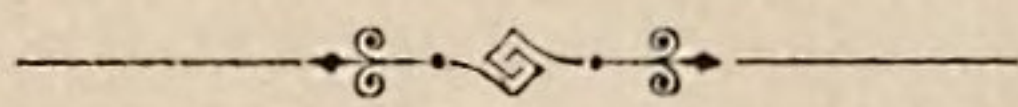
Anat.
163 1

Fischer

Das Drehungsgesetz

bei dem

Wachstum der Organismen.



Von

Dr. Ernst Fischer,

Professor der Chirurgie an der Universität zu Strassburg.

Mit 40 Abbildungen.

Axendrehung ist eine Funktion der lebendigen Zelle.

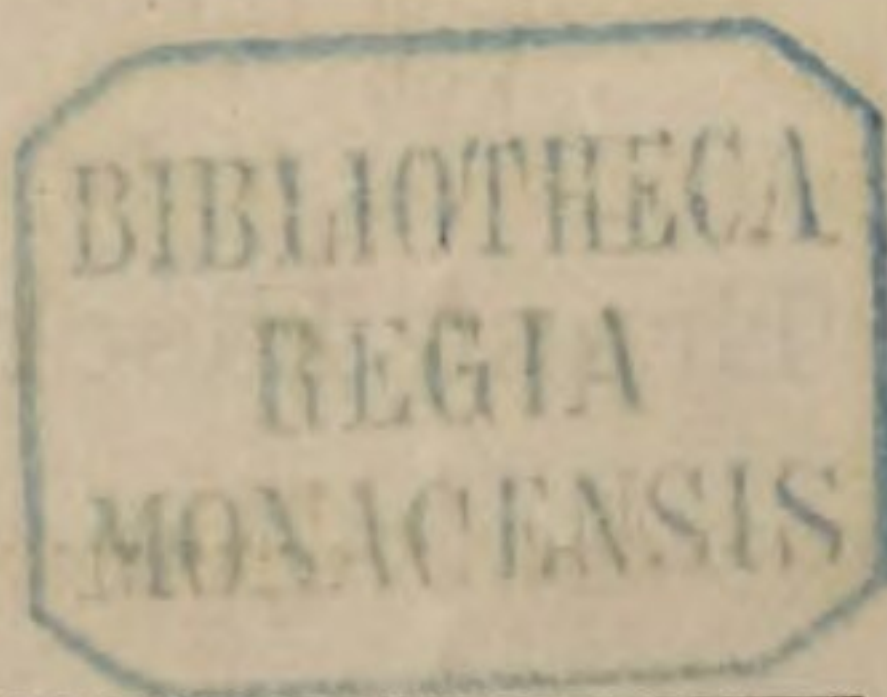
Preis 4 Mark.

Strassburg im Elsass.

Im eigenen Verlage.

Druck von M. DuMont-Schauberg.

1886.

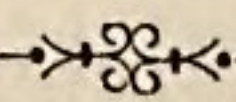


Alle Rechte vorbehalten.

Axendrehung ist eine Funktion der lebendigen Zelle.

Das Wachstum der Organismen findet unter beständigen spiraligen Axendrehungen statt.

Die bilateral symmetrischen Organismen besitzen auf der rechten Körperhälfte linksspiralige, auf der linken Körperhälfte rechtsspiralige Wachstumsdrehung.



Inhalts-Verzeichniss.

	Seite
Einleitung	1
Begriff von Schraube und Spirale	3
Kapitel I. Knochen und Gelenke	6
„ II. Muskeln	55
„ III. Nervensystem	58
„ IV. Verdauungsorgane	62
„ V. Respirationsorgane	65
„ VI. Harn- und Geschlechtsorgane	67
„ VII. Gefäßsystem	73
„ VIII. Sinnesorgane	77
„ IX. Haut	85
„ X. Bemerkungen über einige angeborene und erworbene krank- hafte Wachstumsvorgänge	100
„ XI. Bemerkungen über Axendrehung bei den Pflanzen	103
„ XII. Anhang. Weitere Beobachtungen über spiralige Axendrehung bei tierischen Organismen	112

Das Drehungsgesetz beim Wachstum des tierischen Körpers.

Einleitung.

In einer kurzen Mitteilung der Nr. 13 des Zentralblattes der Chirurgie vom 27. März 1886 mit der Ueberschrift: „Ueber das Winden (Axendrehung, Torsion) beim Wachstum der Tiere“ habe ich folgende Sätze aufgestellt:

I. Die meisten Knochen des menschlichen Skeletts besitzen spiralige Axendrehung, und zwar sind die Knochen der rechten Körperhälfte linksspiralig, diejenigen der linken Körperhälfte rechtsspiralig gedreht.

Im weiteren Verlauf der vorliegenden Arbeit werde ich nicht nur die in obiger Mitteilung als Beispiele angeführten, sondern sämtliche Knochen des menschlichen Skeletts sowie auch einzelne Knochen verschiedener Tiere mit Bezug auf das spiralige Wachstum einer genaueren Besprechung unterwerfen.

II. Die von mir untersuchten Skelette verschiedener Wirbeltiere zeigen im grossen und ganzen dasselbe Verhalten wie das Skelett des Menschen.

III. Das Wachstum der Tiere vollzieht sich wie dasjenige der Pflanzen überhaupt nach den Gesetzen der Schrauben- oder Spiralenwindung, so zwar, dass bei den aus zwei bilateral symmetrischen Körperhälften gebildeten Wesen rechterseits vorwiegend linksspiralige, linkerseits vorwiegend rechtsspiralige Wachstumsdrehung besteht.

Zu der Aufstellung dieses Satzes führten mich zahlreiche Beobachtungen an den verschiedenen Weichteilen des Menschen und vieler Tiere, Beobachtungen, welche in dem II. und den folgenden Kapiteln niedergelegt sind.

IV. Die Kraft der spiraligen Drehung wohnt den tierischen Zellen selbst inne. (Hypothese).

Die vorstehenden vier Sätze überschreiten, wie der Leser sofort erkennen wird, bei weitem die Grenze meines Spezialfaches der Chirurgie; sie greifen in die Gebiete nicht nur der allgemeinen und speziellen, makroskopischen und mikroskopischen Anatomie des Menschen und der Tiere, sondern auch der vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte tierischer Wesen und endlich in die Gebiete der Zoologie und Botanik ein, deren ungeheure Ausdehnung es dem Einzelnen unmöglich macht, überall die ins einzelne gehende Kenntniss zu besitzen.

Von diesem Gesichtspunkte aus bitte ich den Leser um gütige Nachsicht, spreche jedoch den Wunsch aus, von mir gemachte Auslassungen zu ergänzen, Fehler zu berichtigen.

Sind die genannten vier Sätze richtig, so hätten wir gleichzeitig einen durchgreifenden Unterschied zwischen organisierten und nicht organisierten Formen, welcher darin besteht,

„dass bei den organisierten Formen durchweg Drehung aus der Ebene heraus, d. h. spiralige Krümmung der Kanten und Flächen beobachtet wird, während dies bei den nicht organisierten Körpern fehlt“.

Die Knochen des menschlichen Skeletts sind der Ausgangspunkt meiner Studien gewesen. Ich war nämlich kurze Zeit vorher mit einer Arbeit pathologisch anatomischen Inhalts über die seitliche Rückgratverkrümmung des Menschen und die mit derselben verbundenen spiraligen (schraubenförmigen) Axendrehungen der Wirbel, Rippen u. a. beschäftigt, einer Arbeit, welche mittlerweile in den Nummern 20 bis 22 der Berliner klinischen Wochenschrift vom 17. bis 31. Mai 1886 erschienen ist. Sie führte mich auf das Studium sämtlicher Knochen des normalen menschlichen Skeletts, dessen Resultat ich in dem ersten Satze auf Seite 1 vorliegenden Werkes zusammengefasst habe. Dass die Skelettteile der Hauptaussgangspunkt meiner Beweisführung sein und bleiben mussten, findet seine natürliche Erklärung in den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Knochen, welche dank ihrer Härte und Widerstandsfähigkeit ihren gröbern und feinen Bau am besten und längsten beibehalten, und welche ferner die Stützen für die um sie herumgelagerten Weichteile abgeben.

Die am Skelett des Menschen gemachten Beobachtungen verallgemeinernd auf die Skelettteile sämtlicher Wirbeltiere auszudehnen lag nahe, und wenn ich auch nur eine beschränkte Zahl von Wirbeltierskeletten vergleichend zu prüfen in der Lage war, so erhielt ich dabei so übereinstimmende Resultate, dass ich dieselben als für alle Wirbeltiere gültige glaubte ansehen zu dürfen.

Aber auch die Thatsachen, welche auf spiralige Axendrehung bei dem Wachstum der Weichteile der Wirbeltiere hindeuten, waren so zahlreich, dass ich mich entschloss, die Weichteile Wirbelloser mit in das

Bereich meiner Untersuchungen zu ziehen. Dadurch erhielten meine Resultate über die Wachstumsdrehung allgemeinere Bedeutung.

Die Anatomen haben den Zug der Muskeln und Bänder, ferner die Belastung durch das Körpergewicht als „formbestimmend“ für die Knochen hingestellt. Ich bin weit entfernt, diesen Einfluss zu läugnen und könnte sogar den Nachweis führen, dass diese Kräfte die Wachstumsdrehung vielfach beeinflussen, bald hindernd, bald fördernd; auch finde ich es ganz natürlich, dass man diese Kräfte zur Erklärung der Knochenformen verwertete, so lange man die spiralige Drehung der Knochen unberücksichtigt liess. Dass man die genannten Kräfte nicht zur Erklärung der höchst auffallenden Form der Gehörschnecke, der halbzirkelförmigen Kanäle des Ohrlabyrinths, der Zähne, ferner der fast noch auffallenderen spiraligen Drehungen mancher Weichteile, des Gehirns, der Kristalllinse des Auges u. a. herbeiziehen kann, liegt auf der Hand.

Begriff von Schraube und Spirale.

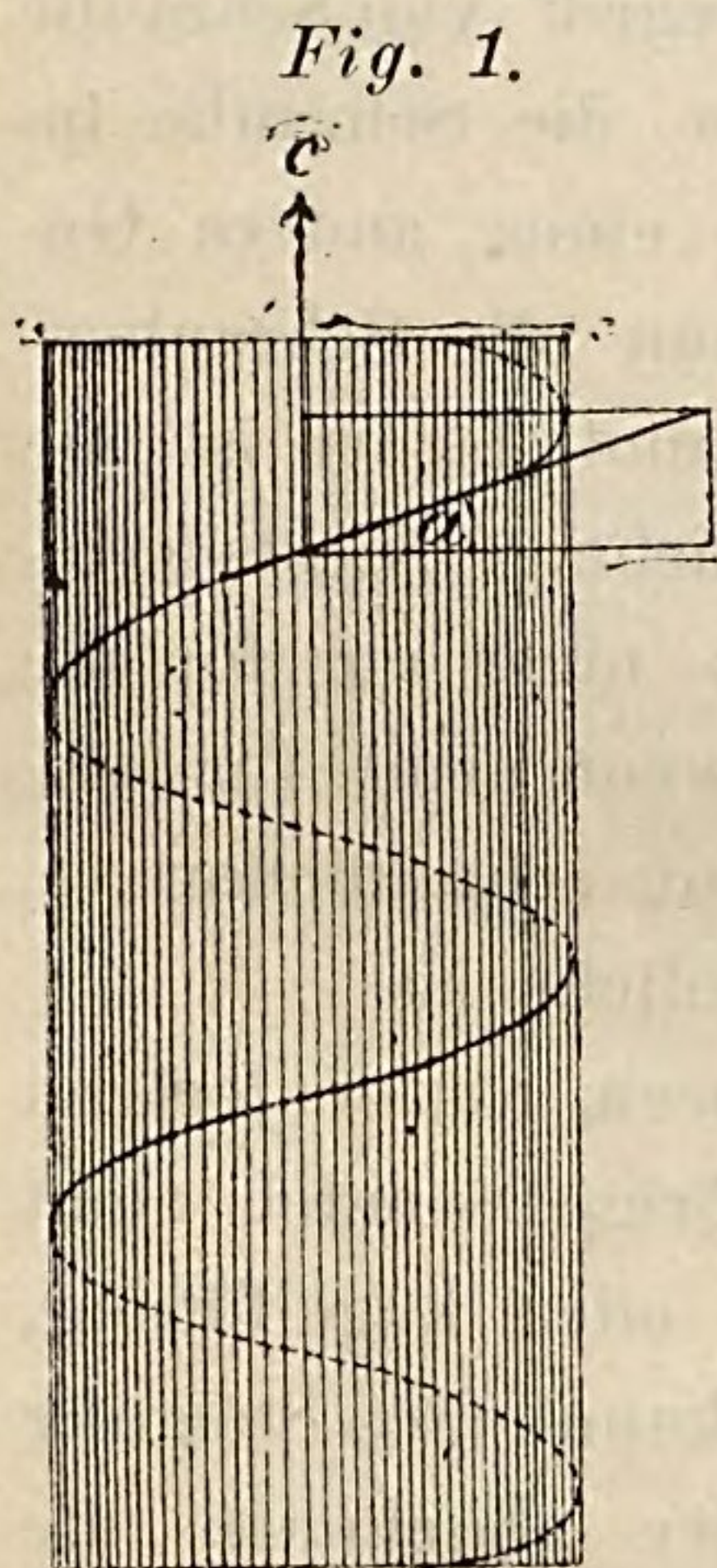
Die Begriffe von Schraube und Spirale, von Schraubenlinie und Schraubenfläche einerseits, Spirallinie und Spiralfäche anderseits werden häufig in demselben Sinne gebraucht, sowohl im gewöhnlichen Leben als

in der Wissenschaft, z. B. der Botanik. Für das Verständnis unserer weiter unten folgenden Auseinandersetzungen ist es unwesentlich, ob auch hier diese Begriffe durcheinandergeworfen werden. Jedoch habe ich des leichtern Verständnisses und der gleichmässigeren Ausdrucksweise wegen es für zweckmässig gehalten, den Begriff von Schraube im beschränkten Sinne, denjenigen von Spirale im weiteren Sinne aufzufassen und zwar nach folgenden Gesichtspunkten:

Unter einer Schraubenlinie versteht man eine krumme Linie, welche in gleichmässig ansteigenden Windungen um einen cylinderförmigen Körper, die Schraubenspindel, herumläuft, wie dies die Fig. 1 wiedergibt. Denkt man sich den cylinderförmigen Körper in gleichmässiger Drehung um seine

Rechtsgewundene Schraubenlinie. a = Steigungswinkel, Schraubensteigung. Axe begriffen, und denkt man sich ferner einen Punkt auf der Cylinderoberfläche gleichmässig und parallel der Cylinderaxe fortschreitend, so beschreibt dieser Punkt eine Schraubenlinie auf der Cylinderoberfläche. Der Winkel a in Fig. 1 wird der Steigungswinkel oder die Schraubensteigung genannt; er ist an jeder Stelle der Schraubenlinie gleich gross.

Eine Schraubenfläche entsteht, wenn statt des genannten Punktes eine gerade Linie in entsprechender Weise an einem sich gleichmässig drehen-



den Cylinder hingeführt wird; der Steigungswinkel bestimmt sich in derselben Weise wie bei der Schraubenlinie.

Bilden die auf der Cylinderoberfläche ansteigenden Windungen rippenförmige Erhöhungen, so pflegt man sie Schraubengewinde zu bezeichnen; den ganzen Körper, Cylinder und Gewinde, nennt man die Vollschaube.

Zu der Vollschaube gehört die Hohlschaube oder Schraubenmutter, d. h. ein Hohlcylinder, an dessen innerer Wand entsprechende Gewindgänge angebracht sind, um zwischen diejenigen der Vollschaube einzugreifen.

An ein und derselben Voll- oder Hohlschaube können eine ganze Anzahl selbstständiger Schraubengewinde angebracht werden. Die Gewindgänge selbst können flach, konkav, konvex, rund, scharf, eckig u. s. w. beschaffen sein.

Würde man das Ellenbogengelenk des Menschen als ein echtes Schraubengelenk zu bezeichnen berechtigt sein, so wäre die Trochlea humeri die Schraubenspindel oder Vollschaube, die Fossa sigmoidea ulnae die zugehörige Schraubenmutter oder Hohlschaube. Henke¹⁾ hat in seinem klassischen Werke, ausser dem Ellenbogengelenk eine grössere Anzahl von Gelenken des menschlichen Körpers als Schraubengelenke bezeichnet; er hätte dieselbe Bezeichnung für die meisten, wenn nicht für alle Gelenke überhaupt, gebrauchen dürfen, vorausgesetzt, dass man den Begriff von Schraube im weniger streng mathematischen Sinne auffasst. Weder die Schraube im Ellenbogengelenk des Menschen, noch diejenige irgend eines andern Gelenks verdient strenggenommen diese Bezeichnung; denn die Schraubenspindel ist bei keinem derselben wirklich cylindrisch, und ferner ist die Schraubensteigung bei keinem derselben überall die gleiche. Nichtsdestoweniger schlage auch ich vor, die Bezeichnung Schraube nicht nur für die von Henke bezeichneten, sondern für noch viele andere, wenn nicht für alle Gelenke beizubehalten, weil die Mechanik derselben eine schraubenartige, d. h. eine der Voll- und Hohlschraubenmechanik sehr ähnliche ist.

Den Begriff der Spirale kann man viel weiter fassen, als denjenigen der Schraube. Zunächst braucht die zur Spirallinie gehörige Spindel nicht cylindrisch zu sein, sie kann prismatisch, pyramiden- oder kegelförmig, kugelförmig, eiförmig u. s. w. gestaltet sein; ferner kann die Steigung der Spirale gleichförmig oder ungleichförmig zu- oder abnehmen, sie kann endlich gleich Null werden, sodass die Spiralgänge in einer Ebene liegen, wie dies bei den Spiralfedern unserer Taschenuhren der Fall ist. Somit sind die Spirallinien und -Flächen bald gleichförmig, bald ungleichförmig spiralig gekrümmt, logarithmisch, hyper- oder parabolisch u. s. w., wir haben mit loxodromen Linien und Flächen zu rechnen, und grade diese ungleichmässigen Spiralkrümmungen kommen im Tier- und

1) J. W. Henke, Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke u. s. w. Leipzig und Heidelberg 1863. 80

Pflanzenreich fast ausschliesslich vor, während die regelmässigen Spiralkrümmungen, die unter den Begriff der Schraube fallen, zu den Seltenheiten gehören. Um nur einige Beispiele anzuführen, erinnere ich an die spiraligen Windungen der Rippen, der Gehörschnecke, an das Schneckenhaus der Mollusken u. s. w.

Jede spiralige oder schraubenförmige Linie und Fläche ist in einem bestimmten Sinne gewunden, d. h. entweder rechts- oder linksgewunden. Welche Art der Windung man als die rechts- und welche man als die links-

Fig. 2.

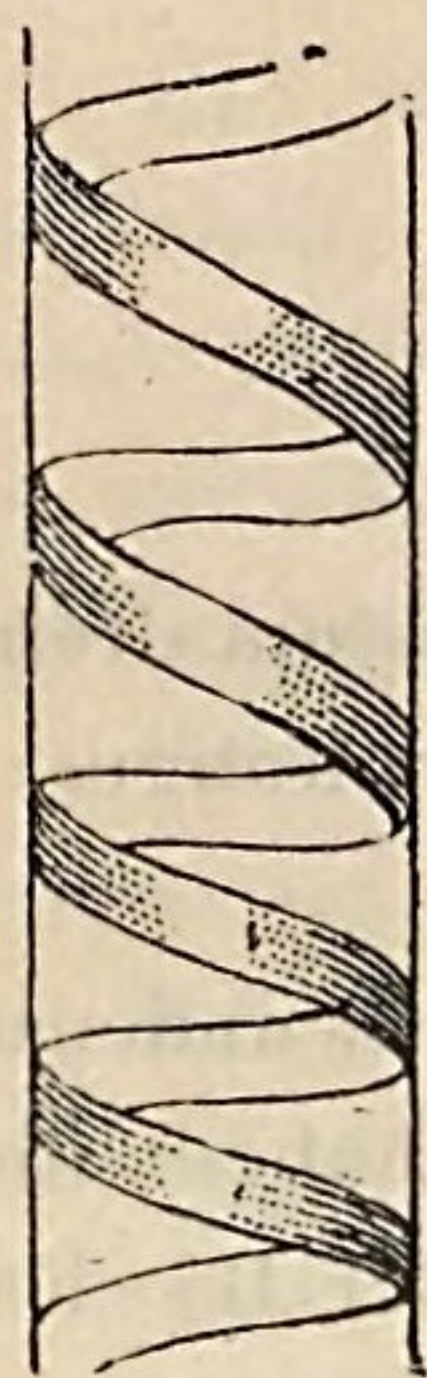
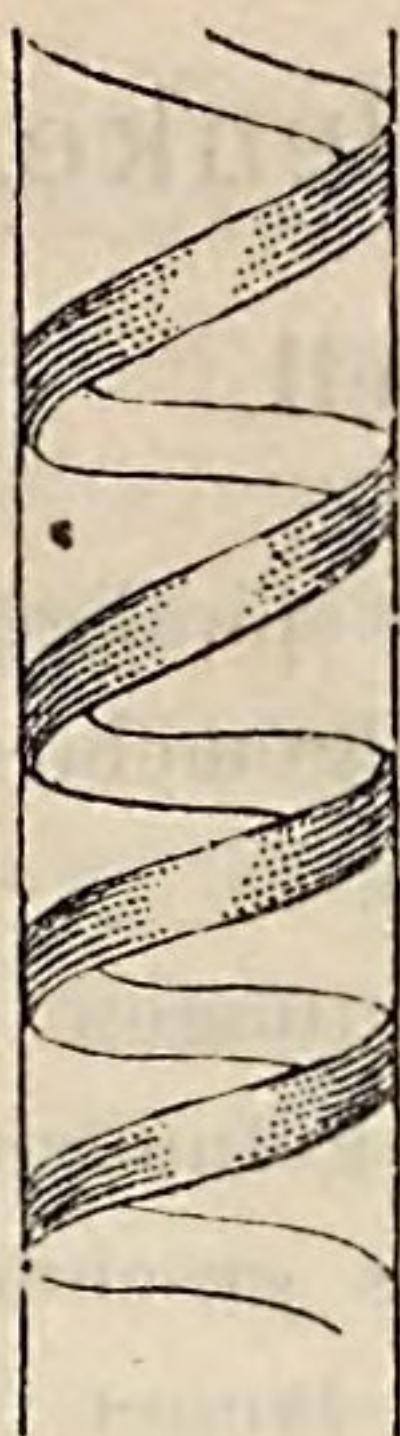
Linksgewundene
Schraube.

Fig. 3.

Rechtsgewundene
Schraube.

gewundene zu bezeichnen habe, ist Sache der Uebereinkunft. Im alltäglichen Leben und in der Mechanik pflegt man die Windungen unserer gewöhnlichen Schraube und des Korkziehers als rechtsgewundene zu bezeichnen, wie dies Fig. 3 wiedergibt. Wenn gleich in zahlreichen Lehrbüchern, namentlich der Botanik, diese Art der Windung „linksgewunden“ genannt wird, so halte ich es doch für zweckmässiger, die alltäglich gebrauchte Bezeichnung vorzuziehen, sodass die in Figur 2 abgebildete eine linksgewundene, die in Figur 3 abgebildete eine rechtsgewundene Schraube oder Spirale genannt wird.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen kann ich zu dem eigentlichen Gegenstande meiner Abhandlung übergehen und zunächst die Skeletteile, Knochen und Gelenke, besprechen. Für die Beschaffung des Materials bin ich den Direktoren der Strassburger anatomischen Sammlungen, den Herren Prof. v. Recklinghausen und Schwalbe, sowie dem Direktor des naturhistorischen Museums, Herrn Privatdocent Dr. Döderlein, welche mich in zuvorkommender Weise unterstützt haben, zu besonderem Danke verpflichtet.

Kapitel I.

Knochen und Gelenke.

A. Allgemeiner Teil.

Sämtliche Knochen und Knorpel besitzen spiralige Wachstumsdrehung und zwar ist auf der rechten Körperseite im allgemeinen linksspiraliges, auf der linken rechtsspiraliges Wachstum vorhanden.

Schon die älteren Anatomen haben Andeutungen von „gewundensein“ an den Körpern der langen Röhrenknochen gefunden, sie haben dieser Erscheinung jedoch keine besondere Beachtung geschenkt. Bei Bichat¹⁾ finde ich die Stelle: „Der Körper beinahe aller langen Knochen ist wie um sich selbst gewunden.“ Wie herum diese Windungen laufen, ob rechts- oder linksspiralig, darüber finde ich bis in die neueste Zeit hinein keine Angaben.

Die spiralige Windung eines Knochens kann sich in mehrfacher Weise offenbaren, nämlich:

1) in der äussern Knochenform. (Knochenkrümmung).

Viele Knochen haben eine derart gewundene Beschaffenheit, dass sich die Spirale und die Art des Rechts- oder Linksgewundenseins auf den ersten Blick erkennen lässt. Der Jochbogen, die Rippen, das Oberschenkelbein stellen solche langgezogene, gestreckte Spiralen, d. h. Spiralen mit grossem Steigungswinkel, dar. Noch auffallender ist die Windung der Gehörschnecke, welche eine viel kleinere Spiralensteigung besitzt und somit viel stärker gewunden ist als die obengenannten Knochen.

Auch diese eigentümliche „Krümmung in einem weiten Bogen oder einer Wellenlinie“ ist den Anatomen schon lange bekannt. Hyrtl²⁾ sagt, dass diese Krümmung der langröhrigen Knochen, welche ohne sie der Gefahr des Splitters unterliegen würden, wohlberechneter Weise vorhanden sei, da die Knochen dadurch in geringem Grade federnd werden.

In der Botanik begegnen wir einer ganzen Gruppe von Pflanzen, den sogenannten Schlingpflanzen, welche den geschilderten Knochenwindungen analoge, jedoch bei weitem hochgradigere Windungen bilden. Die Eigenschaft

1) Bichat, Anatomie, übersetzt von Pfaff, Leipzig 1803, II. Teil, I. Abt. S. 6.

2) Hyrtl: Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Wien 1866. S. 204.

dieser Pflanzen „zu winden“ pflegt man in den modernen Lehrbüchern der Botanik mit dem Ausdruck der revolutiven Nutation zu bezeichnen, der jedoch keineswegs etwa auch zur Bezeichnung des Windens der Knochen angebracht wäre. Das Winden der Knochen ist vielmehr eine *autochthone* oder *spontane* Wachstumserscheinung, welche auf ursprüngliche, den Zellen innewohnende, Kräfte zurückgeführt werden muss, während die revolute Nutation der Schlingpflanzen, wenigstens zum Teil, von dem Geotropismus und anderen Faktoren abhängig ist.

2) In der spiraligen Drehung der Knochenkanten und -Flächen.

Die meisten Knochen zeigen eine mehr oder weniger kantige Beschaffenheit, und verfolgt man die Kanten oder die zwischen ihnen liegenden Flächen von einem Knochenende zum andern, so wird man finden, dass eine spiralige Drehung derselben vorhanden ist. Die Felsenbeinpyramide, der Oberarmknochen und das Schienbein mögen als Beispiele dienen.

3) in dem spiraligen Verlauf der Längsleistchen oder Knochenfasern auf der Knochenoberfläche.

Als Beispiele dienen die meisten sogenannten langen Knochen.

4) in der spiraligen Beschaffenheit der Balkensysteme im Innern der Knochen.

Hierher gehören sowohl die Knochen mit, als diejenigen ohne Markhöhle. Als Beispiele nenne ich den Unterkiefer, die Mittelhand- und Mittelfussknochen.

5) in der Spaltbarkeit der Knochen.

Die während des Lebens an langen Knochen vorkommenden Längsfissuren laufen in der Regel nicht genau der Längsaxe des Knochens nach, sondern mehr oder weniger spiralig. Aber auch am toten Knochen wird man nach der gewaltsamen Spaltung oder Sprengung denselben langgestreckt gewundenen Verlauf der Knochenspalten vorfinden.

Bei vielen Knochen sind sämtliche Erkennungszeichen spiraliger, in demselben Sinne gewundener, Drehung nachweisbar, so ist z. B. der Oberschenkelknochen seiner äussern Form (Krümmung), seinen Flächen, seiner Faserung, seiner innern Architektur und seiner Spaltbarkeit nach auf der rechten Körperhälfte linksspiralig, auf der linken rechtsspiralig gewunden. Dasselbe gilt von den Rippen, den Mittelfussknochen u. a. Andere Knochen, wie z. B. das Schienbein, sind den Flächen und der Spaltbarkeit nach richtig spiralig, d. h. rechterseits linksspiralig u. s. w. gedreht, während die unter 1) bezeichnete Knochenkrümmung oft fehlt, die Knochenfaserung an der einen oder andern Fläche des Knochens und in gleicher Weise der Verlauf der Balkensysteme des Knocheninnern stellenweise sogar umgekehrt gewunden sein kann. Einzelne Knochen, wie z. B. das Schlüsselbein des Menschen und die analoge Furcula der Vögel sind überhaupt in jeder Beziehung falsch, d. h. rechterseits rechtsspiralig u. s. w. gewunden; wir werden später sehen, warum dies so ist, und wollen solche Knochen, welche Ausnahmen sind, falsch (*antidrom*) gedrehte Knochen nennen.

Da wo zwei bilateral symmetrische Knochen von rechts- und linkerseits sich entgegenwachsen, kann das spiralige Wachstum durch den Druck der aufeinanderstossenden Knochenenden gehemmt, zum Stillstand gebracht, ja in einzelnen Fällen umgekehrt (antidrom) werden. Findet man somit, wie dies vom Schlüsselbein schon gesagt ist, antidrome Drehung, so wird man obige Erklärung zu Hilfe nehmen können. Geht man in die frühesten Zeiten embryonaler Entwicklung zurück, so wird man in solchen Fällen die richtige Drehung finden, welche im weiteren Wachstum alsdann zum Stillstand gebracht oder umgekehrt wird.

Aber auch Knochen einer und derselben Körperhälfte können ihre ursprüngliche Wachstumsdrehung in späteren Zeiten einbüßen oder gar antidrome Drehung erhalten. Hier sind teils äussere Kräfte, wie das Körpergewicht, Druck der Kleidung oder Schuhe, teils innere Kräfte, Zug und Druck der Muskeln und Bänder, Druck harter hornartiger Teile auf die Knochen u. a. als Ursachen anzuführen.

Als weitere Erkennungszeichen spiraliger Drehung der Knochen führe ich an:

a) die Form und Richtung der Gefäss- und Nervenöffnungen der Knochenoberfläche.

Wird ein Knochen seines Periostes entkleidet, so treten auf seiner Oberfläche die Öffnungen für den Ein- und Austritt von Blutgefässen und Nerven zu Tage. Die Form derselben ist meist eine etwas ovale. Dieses Oval ist in der Regel der Knochendrehung entsprechend gestellt, sein Längsdurchmesser läuft nicht gradwegs in der Richtung von einem Knochenende zum andern, sondern mehr schräge, d. h. etwa den Knochenleistchen der Knochenoberfläche parallel. Verfolgt man von einer solchen Öffnung aus den in den Knochen hineinführenden Kanal, z. B. den für die Arteria nutritia des Knochens bestimmten, so wird man finden, dass auch dieser Kanal nicht gradlinig, sondern spiralig gewunden in den Knochen hineingeht. Aber auch die Art und Weise, wie sich die genannten ovalen Öffnungen nach der Tiefe zu in den Knochenkanal fortsetzen, lässt in der Regel eine mehr kreisende, fast wirbelförmige, Drehung erkennen. Eine solche Öffnung setzt sich meist zunächst etwas schräg trichterförmig in das Innere des Knochens fort, und beim genaueren Zusehen bemerkt man, dass die Knochensubstanz rund herum eine mehr oder weniger kreisförmige, faserige Beschaffenheit annimmt, und sich nun in die trichterförmige Vertiefung der Knochenöffnung gleichsam spiralig drehend hineinbegibt.

Da die Lamellensysteme der kompakten Knochensubstanz konzentrisch, wie man so zu sagen pflegt, um die Gefässkanäle des Knochens gelagert sind, so dürfte, nach der eben geschilderten Beschaffenheit der Knochensubstanz an der Kanalmündung zu schliessen, die Anordnung der Lamellensysteme auch im weiteren Verlauf nach der Tiefe des Knochens zu um die Gefässkanäle herum eine spiralige sein, d. h. sich unter spiraliger Wachstumsdrehung vollziehen.

b) Die kreisständige Anordnung zahlreicher Ernährungs-
löcher der Knochenoberfläche.

An solchen Stellen der Knochenoberfläche, wo Ernährungslöcher gruppenweise in den Knochen eindringen, sind letztere in der Regel mehr kreisförmig gestellt. Am Darmbein des Menschen bemerkt man häufig in der Gegend der Verbindungsstelle von Hüft- und Schambein zwischen der Spina anterior inferior ilei und dem Tuberculum ileopectineum eine solche kreisständige Anordnung von Ernährungslöchern, welche in anatomischen Lehrbüchern wenig oder gar nicht erwähnt zu werden pflegen. Die Zahl der auf der Knochenoberfläche befindlichen Oeffnungen kann an dieser Stelle bis zu 10 und darüber betragen, die Löcher sind auf einer etwa 1 Zentimeter im Durchmesser betragenden fast kreisrunden Knochenpartie verteilt, deren Faserung in der Regel ohne weiteres eine mehr oder weniger konzentrische genannt werden kann. Offenbar kommt dieses eigentümliche Verhalten der Knochenfaserung und der Ernährungslöcher unter der Wachstumsdrehung des Knochens zustande. Solcher Stellen nun mit kreisständigen Ernährungslöchern, welche ich der Kürze halber mit dem Namen „Gefässkreisel“ bezeichnen will, gibt es am menschlichen Skelett eine ganze Menge. Bei einer genauern Durchsicht der zahlreichen Knochenpräparate der Strassburger anatomischen Sammlungen, welche mir von den Herren Professoren v. Recklinghausen und Schwalbe freundlichst zur Verfügung gestellt wurden, fand ich deren besonders an folgenden Stellen:

A. W i r b e l:

- 1) auf der seitlichen Partie der Wirbelkörperfläche;
- 2) an der Aussenfläche der Wurzel mancher oberen Gelenkfortsätze;
- 3) hinter den Gelenkfacettchen für die Rippenansätze;

B. Kreuz- und Steissbein:

- 4) auf der Rückenfläche der Seitenteile nach aussen von jedem Foramen sacrale post., wo sich meist eine Grube mit einem schönen Gefässkreisel darin befindet; am schönsten pflegt es am 2. und 4. Kreuzbeinwirbel zu sein;

- 5) in den Foramina sacralia anteriora nach innen gegen den Wirbelkörper zu;

- 6) auf der Vorderfläche des 1. Steissbeinwirbels;

C. Rippen:

- 7) Auf der Rückenfläche des Rippenhalses zwischen Tuberculum und Capitulum costae, wo oft 2 Grübchen mit Abflachungen und Gefässkreiseln gefunden werden;

- 8) auf der obern Fläche der 1. Rippe dicht am Brustbeinansatz;

D. Schädel:

- 9) die Emissaria Santorini, und die von den Paccionischen Granulationen in den Knochen gehenden Gefässlöcher stehen oftmals kreisförmig, am Hinterhauptbein findet man manchmal ein Gefässkreisel in der Furche für den queren Blutleiter;

10) die Rachenfläche des vereinigten Hinterhaupt-Keilbeins zeigt manchmal mehrere, bis zu 10, Gefässkreisel;

11) auf der Aussen- und Innenfläche der grossen Keilbeinflügel pflegt man je 1 oder mehrere Gefässkreisel zu finden, ein weiteres an der Aussenfläche der Wurzel der äussern Lamelle der flügelartigen Fortsätze, und je eines seitlich an der Sella turcica;

12) am Proc. mastoideus hinter dem äussern Gehörgang;

13) auf der Aussenfläche des Oberkiefers, besonders in der Fossa canina;

14) in dem Grunde mancher Zahnalveolen;

15) zuweilen am Stirnbeinhöcker und auf dem Arcus superciliaris;

16) auf der Mundhöhlenfläche des harten Gaumens, wo meist zahlreiche Gefässkreisel befindlich sind;

E. Obere Gliedmassen:

17) auf der untern Fläche des Schlüsselbeins an dessen acromialem Ende, wo oft 2 Gefässkreisel gefunden werden;

18) am untern Schulterblattwinkel auf der vordern wie auf der hintern Fläche des Knochens, an der Wurzel des Proc. coracoideus auf dessen hinterer Fläche, auf der vordern Fläche des Schulterblatthalses;

19) in der Fossa supraspinata des Schulterblattes dicht hinter der Gelenkpfanne, und ferner dicht am innern Schulterblattrande;

20) auf der vordern Kante des Tuberculum majus humeri;

21) am Collum anatomicum humeri dicht vor dem Tuberculum minus;

22) auf der hintern Fläche des Epicondylus externus humeri;

23) in der Fovea anterior und posterior humeri;

24) nach aussen von der Fovea anterior humeri dicht vor der Gelenkfläche für das Radiusköpfchen;

25) am Processus coronoideus ulnae;

26) auf der Spitze des Olecranon, wo sich oft ein kleines Grübchen mit einem Gefässkreisel darin befindet;

27) vor der Fossa sigmoidea minor ulnae;

28) an der Rückenfläche der untern Epiphyse des Radius dicht an dem Abgang des Processus styloideus, wo meist ein Grübchen mit einem Gefässkreisel vorhanden ist;

29) die Handwurzelknochen zeigen fast stets an einer oder mehreren Stellen Gefässkreisel; besonders deutlich sind sie am os capitatum, hamatum, multangulum majus und lunatum;

30) an den Mittelhandknochen und den Phalangen der Finger wird man fast stets in der Gegend der Ansätze der Epiphysen an die Diaphysen ein oder mehrere Gefässkreisel finden, an den Phalangen ist die häufigste Stelle das distale Ende der Volarfläche.

F. Untere Gliedmassen.

31) zwischen der Spina anterior inferior ossis ilei und dem Tuberculum inleopectineum;

32) auf der Aussenfläche der Spina anterior inferior nach dem obern Hüftpfannenrande zu;

33) am untern Pfannenrande dicht am Abgang des Sitzbeins;

34) in der Gelenkpfanne befinden sich meist 2 oder 3 Kreisel entsprechend der Entwicklung des Darmbeins aus 3 Stücken;

35) auf der Innenfläche des Darmbeins dicht an der Incisura ischiatica major;

36) auf der Innenfläche des Darmbeins in der Gegend der Spina posterior superior ossis ilei;

37) auf dem Tuber ossis ischii;

38) auf der Aussenfläche des os pubis etwa 1 Centimeter von der Symphyse entfernt;

39) in der Fossa trochanterica femoris;

40) auf der vordern Fläche des Trochanter major, woselbst oft ein Grübchen mit einem Gefässkreisel darin angetroffen wird;

41) in der Grube für den Ansatz des Ligamentum teres am Schenkelkopf;

42) auf der Seitenfläche der Condylus femoris;

43) auf der Vorderfläche des Schenkels zwischen den Condylus dicht am vordern Knorpelrande;

44) auf der Hinterfläche an der entsprechenden Stelle;

45) in der Fossa intercondyloidea, am Ansatz der Ligamenta cruciata;

46) auf der Vorderfläche der Kniescheibe;

47) auf der Vorderfläche des Condylus externus tibiae;

48) auf der Eminentia intercondyloidea tibiae;

49) auf dem Malleolus internus tibiae;

50) am obern Rande der Gelenkfläche des Fibulaköpfchens;

51) an der Innenfläche des Malleolus externus fibulae dicht am hintern Rande der Gelenkfläche;

52) an den meisten Tarsalknochen, besonders an dem Calcaneus, dem Os naviculare und cuboideum.

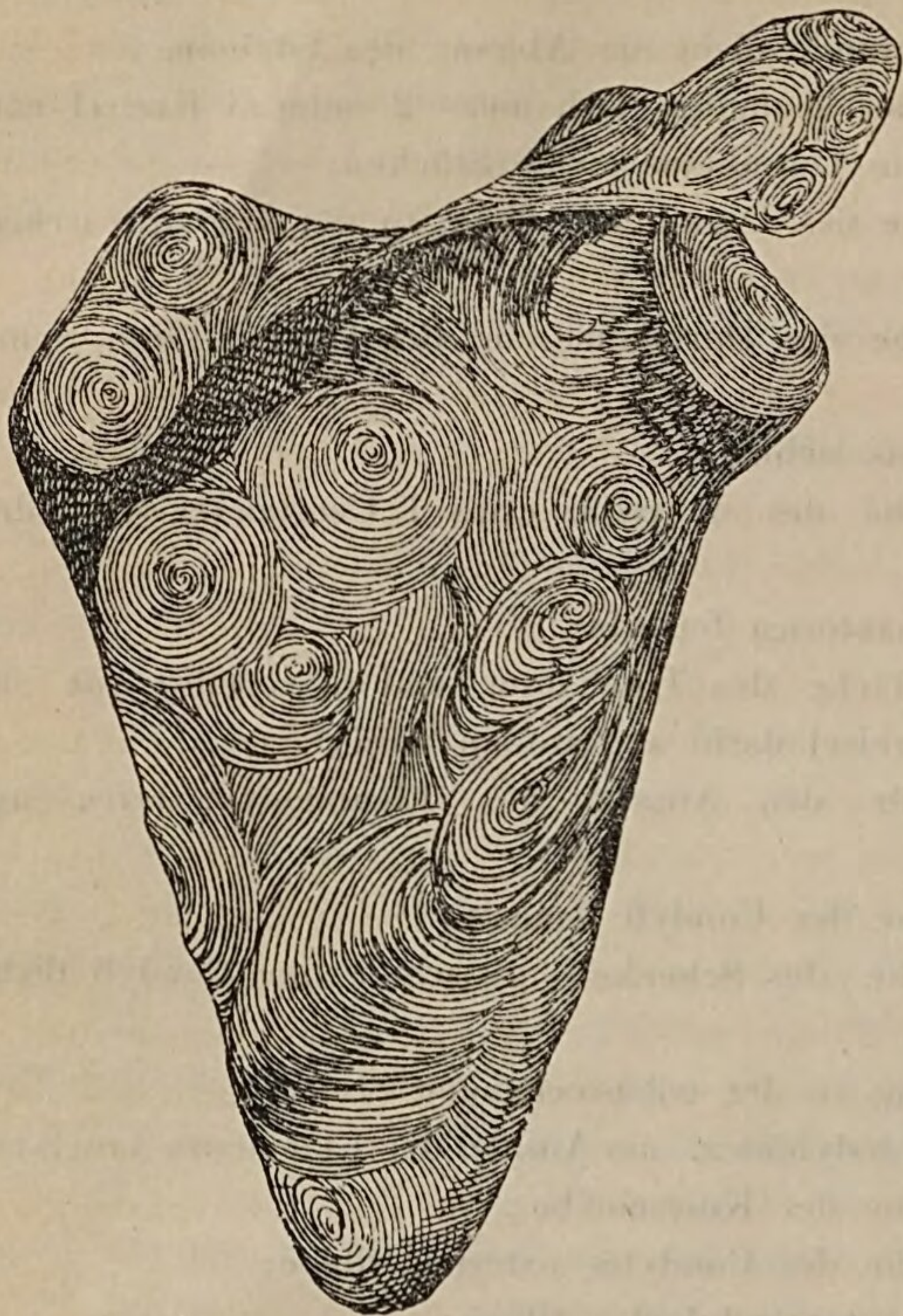
53) an den Diaphysenenden der Metatarsalknochen, wo man meist mehrere, an dem ersten Metatarsus bis zu 6 Gefässkreisel finden kann.

54) an den Plantarflächen der Phalangealepiphyse.

c) Die eigentümlich konzentrische Anordnung der Knochenfasern besonders an den platten Knochen.

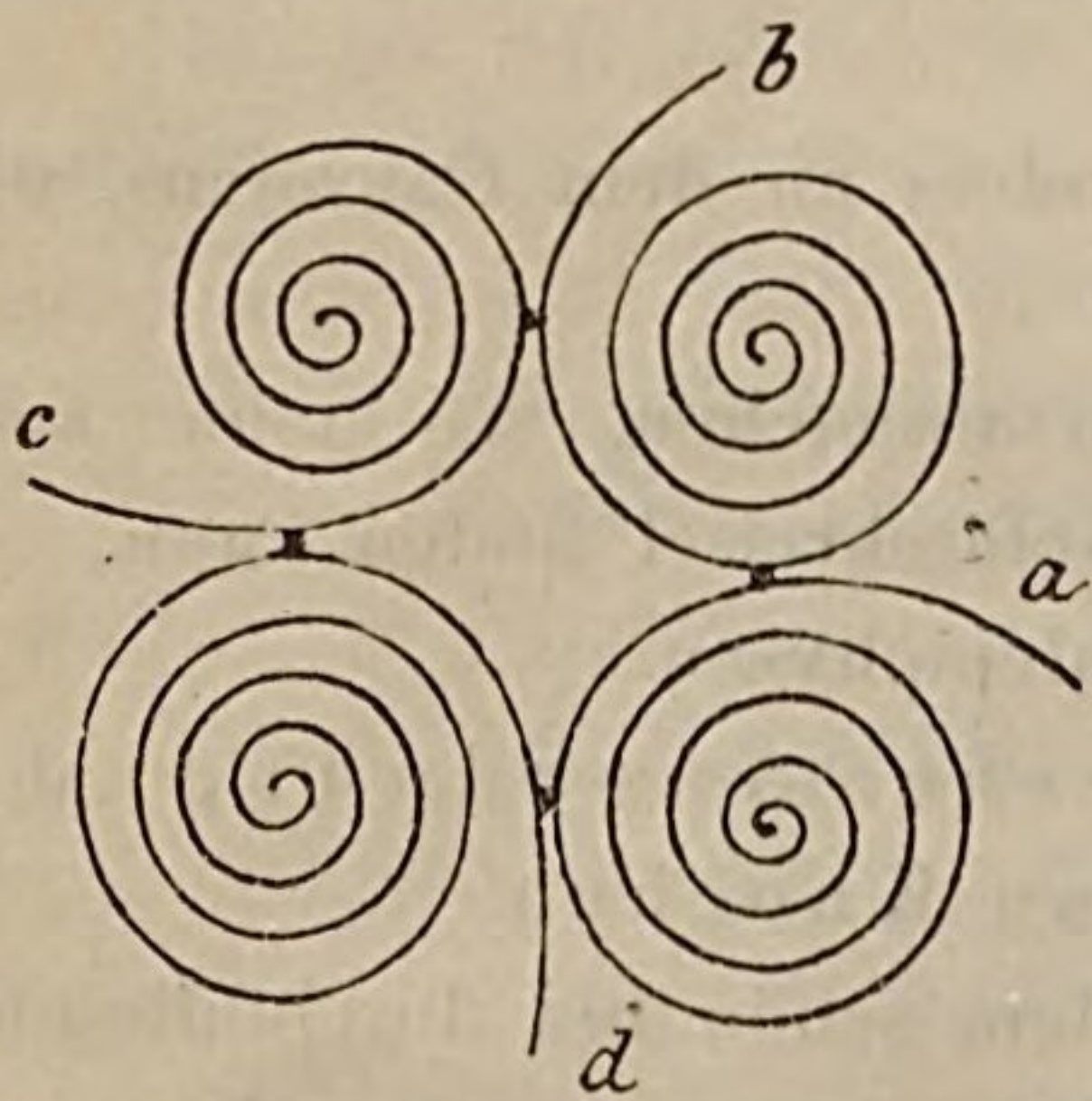
Sowohl bei auffallendem als ganz besonders schön bei durchfallendem Licht bemerkt man an den meisten Knochen konzentrische Faserung. Figur 4 gibt eine Anzahl solcher teils bei durchfallendem, teils bei auffallendem Licht gezeichneter Faserwirbel wieder. Die bei auffallendem Lichte, d. h. an den dicken undurchsichtigen Stellen des Knochens, gezeichneten Wirbel waren zum Teil nicht vollständig zu erkennen und wurden einigermaßen ergänzt. Die Wirbel sind aus 3 besonders schön durchsichtigen Schulterblättern der Strassburger anatomischen Sammlung zusammengetragen.

Fig. 4.



Schulterblatt mit Knochenfaserwirbeln, welche teils
bei durchfallendem, teils
bei auffallendem Licht gezeichnet sind.

Fig. 5.



4 in demselben Sinne gedrehte Kreise,
deren Verlaufsrichtung an
den 4 Berührungspunkten eine ent-
gegengesetzte ist.

Da wo 2 benachbarte, in demselben Sinne gedrehte Kreise zusammenstossen, entsteht ein Konflikt der gegen-einanderlaufenden Fasern. Die Folge davon ist ein Knochen-aufwurf, eine leistenartige Erhebung oder Verdickung der Knochenfläche. Dieses Ver-hältnis wird aus dem in Figur 5 gegebenen Schema sofort deutlich, wo 4 in dem-selben Sinne gedrehte Kreise gezeichnet sind; an den 4 Berührungspunkten haben die Fasern je zweier Kreise' ent-gegengesetzte Richtung. Am Schulterblatt des Menschen stehen die gedrehten Knochen-faserwirbel meist mehr oder weniger reihenweise überein-ander, sodass die leisten-oder rippenartigen Aufwürfe zwischen denselben fast paral-lele mehr quere Richtung haben. Anders verhält es sich an den platten Schädelknochen,

z. B. der Innenfläche des Seitenwand-, Stirn-, Schläfen-, Hinterhauptbeins u. s. w. Dort stossen 3 und mehr Kreise zusammen und bilden rippenartige Erhebungen und Ver-dickungen, welche gewöhnlich als *Juga cere-bralia* bezeichnet werden. Sie sind wegen der massigen Knochenbildung undurchsichtig. Zwischen ihnen liegen die bekannten *Impres-siones digitatae*, welche die kreisenden Fasern bei durchfallendem Licht sehr deutlich er-kennen lassen. Solcher Faserkreise oder Faserwirbel, wie man sie auch nennen könnte, gibt es nun an den platten Knochen

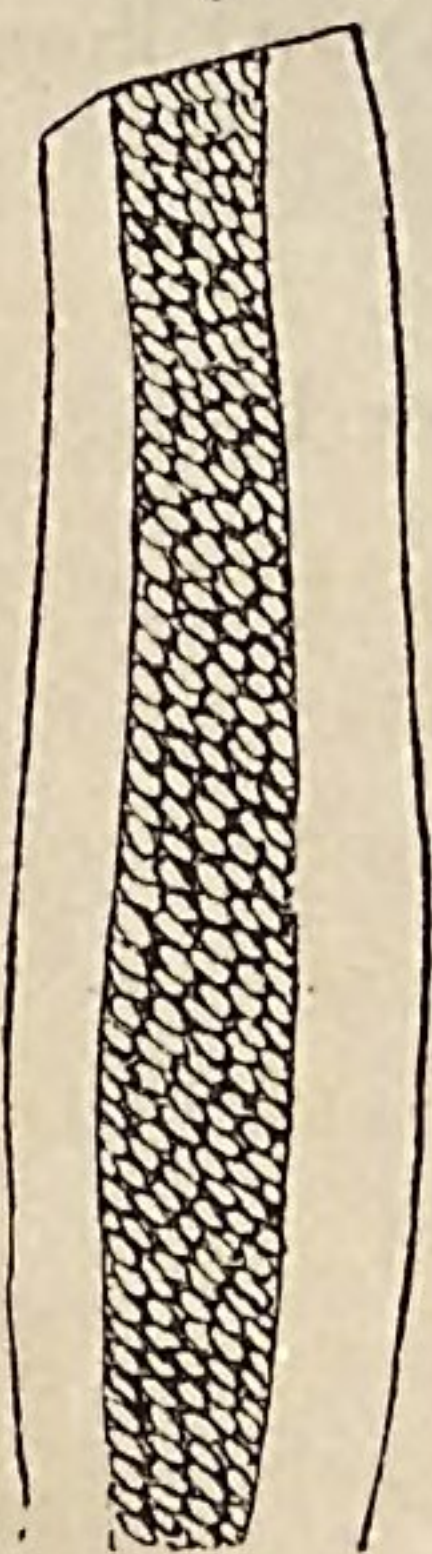
des Menschen und der Tiere eine ganze Menge. In der Hinterhaupts-schuppe des menschlichen Schädels habe ich deren bis zu 18 gezählt, besonders schön fand ich sie an einem Präparat der Strassburger ana-tomischen Sammlung. Am foetalen Schädel des Menschen und verschie-

dener Tiere, z. B. von *Capra hircus*, fand ich einen solchen jederseits an der *Protuberantia occipitalis externa*, beide in der Mitte des Knochens zusammenstossend. In der Schuppe des menschlichen Schläfenbeins fand ich etwa 7 Faserwirbel vor, am Stirnbein konnte ich deren für jede Hälfte mindestens 30 zählen, abgesehen von der Orbitalplatte, welche jederseits 10 bis 12 enthält; das *Tuber frontale* der meisten Tiere, nicht etwa nur der hörnertragenden, zeigt in der Regel eine 1 bis 1½ Zentimeter im Durchmesser betragende wirbelnde Stelle; am Steitenwandbein beträgt die Zahl der Faserwirbel mindestens 30 bis 40; an der innern Oberfläche des grossen Keilbeinflügels kommen ebenfalls Faserwirbel vor; in der *Fossa infraspinata* des Schulterblattes konnte ich 7, in der *Fossa supraspinata* 3, an der *spina scapulae* 2, an der Darmbeinschaukel 1 bis 3 Faserkreise zählen. Aber auch die nicht platten Knochen haben an vielen Stellen Andeutungen an dieselbe; unter b) (kreisständige Gefässöffnungen) erwähnte ich schon, dass da, wo Gefässkreise vorkommen, in der Regel auch die Knochensubstanz kreisförmige Faserung annimmt; ferner kann man an manchen Epiphysen langer Röhrenknochen Faserwirbel vorfinden, besonders schön an den Phalangen foetaler Rindsknochen. Das *Tuberculum articulare* vor dem Kiefergelenk des kindlichen Schädels zeigt den Faserwirbel manchmal prachtvoll. Auch trifft man an diffusen chronisch entzündlichen Knochenneubildungen (periostalen Auflagerungen der *Tibia* u. s. w.) stets zahlreiche kleine Faserwirbel an.

d) den schrägen Verlauf der Balkensysteme zwischen den Endflächen platter Knochen.

Die Endflächen platter Knochen sind infolge der Wachstumsdrehung gegeneinander verschoben. Betrachtet man den Verlauf der Balkensysteme in der spongiösen Substanz im Innern platter Knochen, d. h. in der fälschlich sogenannten *Diploë*, so wird man finden, dass die Knochenbälkchen

Fig. 6.



Querschnitt durch den dicksten Teil des äussern rechten Schulterblattrandes. Schräger Verlauf der Knochenbälkchen.

weder senkrecht, d. h. auf dem kürzesten Wege von der einen zur andern Knochenendplatte verlaufen, noch gehen sie den Endplatten genau parallel, ihre Richtung ist vielmehr eine von der einen Platte zur andern schräg, d. h. spiraliggewunden, ansteigende, wie dies die Figur 6 wiedergibt. Aus der Art dieses Ansteigens lässt sich unter Umständen ohne weiteres erkennen, ob die beiden Knochenendplatten in rechtsspiraligem oder linksspiraligem Sinne gegeneinander gedreht sind, sodass man hieraus wiederum einen Rückschluss machen kann, ob der betreffende untersuchte Knochen der rechten oder linken Körperhälfte angehört. An dem in Figur 6 abgebildeten Teil des an seiner dicksten Stelle durchschnittenen äussern Schulterblattrandes lässt sich deutlich erkennen, dass die Faserrichtung der

Balkensysteme der Spongiosa von der innern Fläche des Knochens schräg nach abwärts zur äussern Fläche desselben geht. Hieraus würde ohne weiteres folgen, dass die Endflächen des rechten Schulterblattes in links-spiraliger, die des linken Schulterblattes in rechtsspiraliger Drehung gegeneinander verschoben sind.

Der schräge Verlauf der Balkensysteme der Spongiosa platter Knochen findet ein Analogon in der äusseren Haut. Dort verlaufen die Haarbälge, die Schweissdrüsengänge, die Papillen, Gefässe, Nerven und selbst die Bindegewebsfaserzüge sämtlich in schräger Richtung, oder um mit den Anatomen zu reden, „etwas windschief“ von innen nach aussen gegen die Oberfläche der Haut und der Oberhaut, ein Verhältnis, welches, wie wir später sehen werden, auf der Wachstumsdrehung der Haut beruht.

Der schräge Verlauf der Balkensysteme in der Diploë der platten Knochen lässt sich auch an den Schädeldeckknochen ebenso gut wie am Schulterblatt nachweisen, wenn dieselben recht dick sind. In vollendeter Schönheit zeigt sich derselbe an der Schläfenbeinschuppe des foetalen Pferdeschädels.

Fasst man das unter c und d über die Drehungserscheinungen an platten Knochen Gesagte zusammen, so kann man sagen, dass das spiralige Wachstum sich sowohl in kleineren Massen, gewissermassen bündelweise (wie unter c beschrieben); als auch über grosse Strecken hin vollzieht, d. h. die schon gedrehten kleineren Massen werden, zu grössern Komplexen vereinigt, nunmehr in grössere Drehkreise hineingezogen.

e) Endlich glaube ich eine histologische Thatsache anführen zu sollen, welche auf eine spiralige Axendrehung beim endochondralen Wachstum der Röhrenknochen hindeutet. Die Säulchen nämlich, welche die Knorpelkörperchen bei ihrem sogenannten Richtungsphänomen bilden, erscheinen auf dem senkrechten Längsschnitt zwar als parallele, aber stets etwas „windschief“ gebogene Reihen, d. h. sie bilden lang gestreckte Spiralen, eine Anordnung, welche den Anatomen wohl bekannt und von ihnen beschrieben ist. ¹⁾

1) Vergleiche W. Krause, Allgem. und mikrosk. Anatomie, Hannover 1876 S. 72.

B. Spezieller Teil.

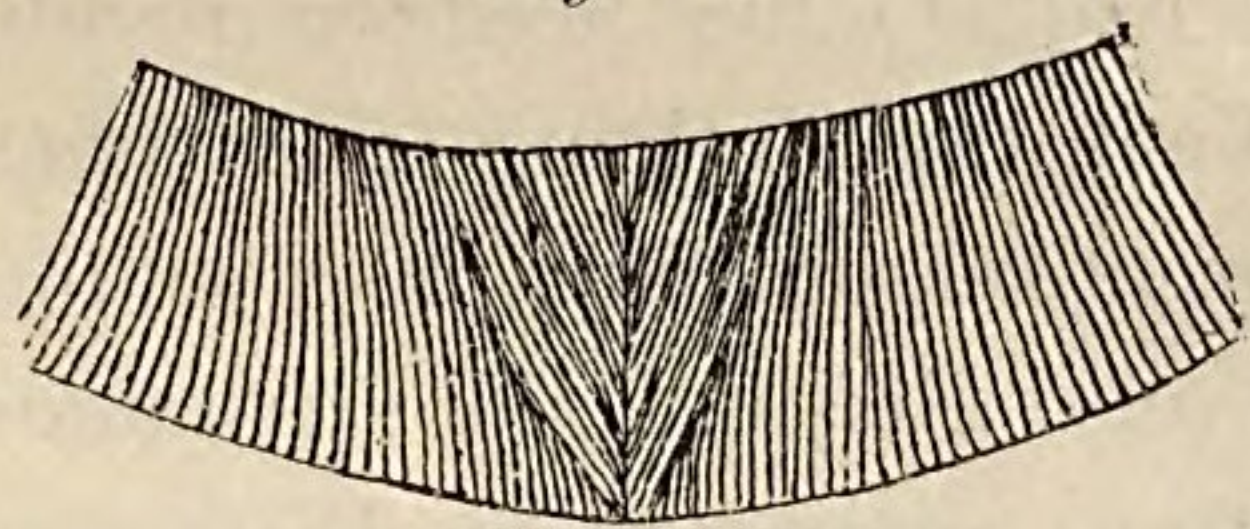
I. Die Wirbelsäule.

a) Die Wirbelkörper.

Die Wirbelkörper entwickeln sich aus einem hinter der Chorda dorsalis liegenden Ossifikationspunkt, der nach Schwegel¹⁾ und Rambaud et Renault²⁾ sich aus zwei getrennten Stücken entwickelt. Im weiteren Verknöcherungsprozess wird die Chorda alsdann von beiden Seiten umschlossen. Wenngleich es mir an den bisher untersuchten Wirbelkörpern des Menschen und mancher Tiere nicht gelungen ist, den vollgiltigen Beweis dafür zu bringen, dass die rechte Hälfte linksspiraliges, die linke rechtsspiraliges Wachstum besitzt, so kann ich Thatsachen anführen, die diese Ansicht in hohem Grade wahrscheinlich machen.

In der mittlern Partie der vorderen Fläche mancher Wirbelkörper, besonders des Menschen, kann man eine eigentümliche Dreieckstellung sowohl

Fig. 7.



Faserverlauf der Vorderfläche eines menschlichen Wirbelkörpers nach Entfernung der äussersten kompakten Knochenschicht.

der Knochenfasern als der in dieser Partie befindlichen Gefässöffnungen wahrnehmen. Letztere nehmen ferner auch die entsprechende schiefe Stellung ihres Längsdurchmessers an. Fig. 7 wird dieses Verhältnis am besten verständlich machen. Die rechte Hälfte dieser Figur zeigt, wie die mittleren Knochenfasern eine Richtung der Knochenleistchen von links oben und aussen nach rechts unten und innen annehmen und in der Mitte mit denjenigen der linken Seite, welche von rechts oben und aussen nach links unten und innen verlaufen, zusammentreffen. Dadurch kommt es zur Bildung eines mitten auf der Vorderfläche des Wirbels gelegenen Dreiecks mit oberer

1) Schwegel, Entwicklungsgeschichte der Knochen des Stammes und der Extremitäten. Wiener Sitz. Ber. Bd. 30. 1858. S. 337.

2) A. Rambaud et Ch. Renault: Origine et développement des os. Paris 1864; siehe Kölliker, Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Tiere, II. Aufl. Leipzig 1879. S. 406.

Basis. Vergegenwärtigt man sich nun, dass die rechte Wirbelhälfte links-spiralig, die linke rechtsspiralig gewunden ist, so wird man diese Dreieckstellung sehr natürlich finden. Folgerichtig müsste an der hintern Wirbelkörperfläche im Rückgratkanal ein ebensolches Dreieck mit unterer Basis zustande kommen. Sowohl das vordere als das hintere Dreieck lässt sich an einer grossen Zahl menschlicher Wirbelkörper nachweisen, in vollendeter Schönheit pflegt man es an dem Processus odontoideus und dem Körper des Epistropheus zu finden. Dass man die Dreiecke nicht an allen Wirbeln gleich deutlich sieht, findet seine Erklärung darin, dass beim Zusammenstoss beider Hälften in der vordern Mittellinie die spiralige Drehung sich gegenseitig aufheben kann, wie dies an den Dornfortsätzen und anderen Teilen fast regelmässig vorkommt.

Dieselbe Dreieckstellung kann man nun auch an den Balkensystemen zahlreicher Wirbel nicht nur des Menschen, sondern vieler Tiere, z. B. der Fische, finden, prachtvoll zeigt sie sich an foetalen Kalbswirbeln; sie dürfte überhaupt in früheren Stadien foetalen Lebens weit häufiger nachweisbar sein als an ausgewachsenen Wirbelkörpern.

Die höher oben ausgesprochene Ansicht von Schwegel u. A. betreffend die Entstehung des Ossifikationspunktes des Wirbelkörpers aus 2 getrennten Hälften wird bei genauer Betrachtung foetaler Kalbswirbel fast zur Gewissheit. Die oberen und unteren Wirbelendflächen der letzteren sind nämlich durch einen mittleren, aus 2 Lamellen bestehenden Fortsatz mit einander verbunden, welcher sich von hinten her zwischen die beiden Wirbelkörperhälften hineinschiebt, sodass diese nur in der vordern Partie, manchmal nur brückenartig, untereinander zusammengewachsen sind, und der Wirbelkörper somit fast hüfeisenförmig wird. In letzterem Falle pflegt die Dreieckstellung der Knochenfasern auf der vordern Wirbeloberfläche besonders deutlich hervorzutreten.

Die beschriebenen Wirbelendflächen des Kalbsfoetus besitzen rechts-seits linksspiralige Wachstumsdrehung und umgekehrt, wie dies aus ihrem feinem Bau ohne weiteres erhellt. Fig. 8 gibt ein Beispiel der genannten Drehung beider Hälften einer untern Wirbelendfläche.

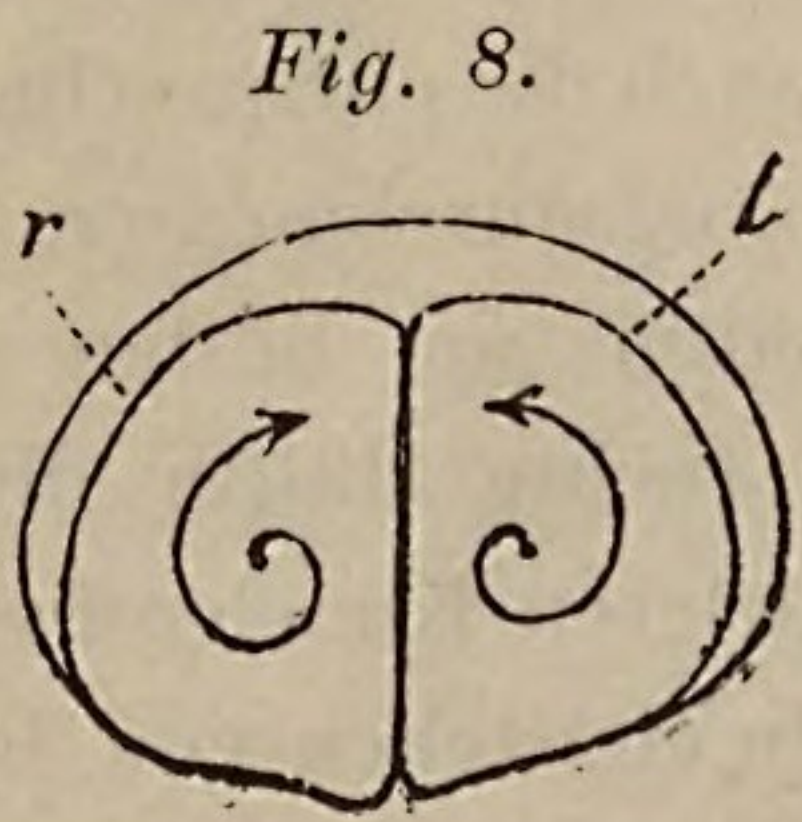


Fig. 8.
Untere Wirbelendfläche eines
foetalen Kalbswirbels.
Die rechte Hälfte hat links-
spiralige, die linke
rechtsspiralige Drehung.

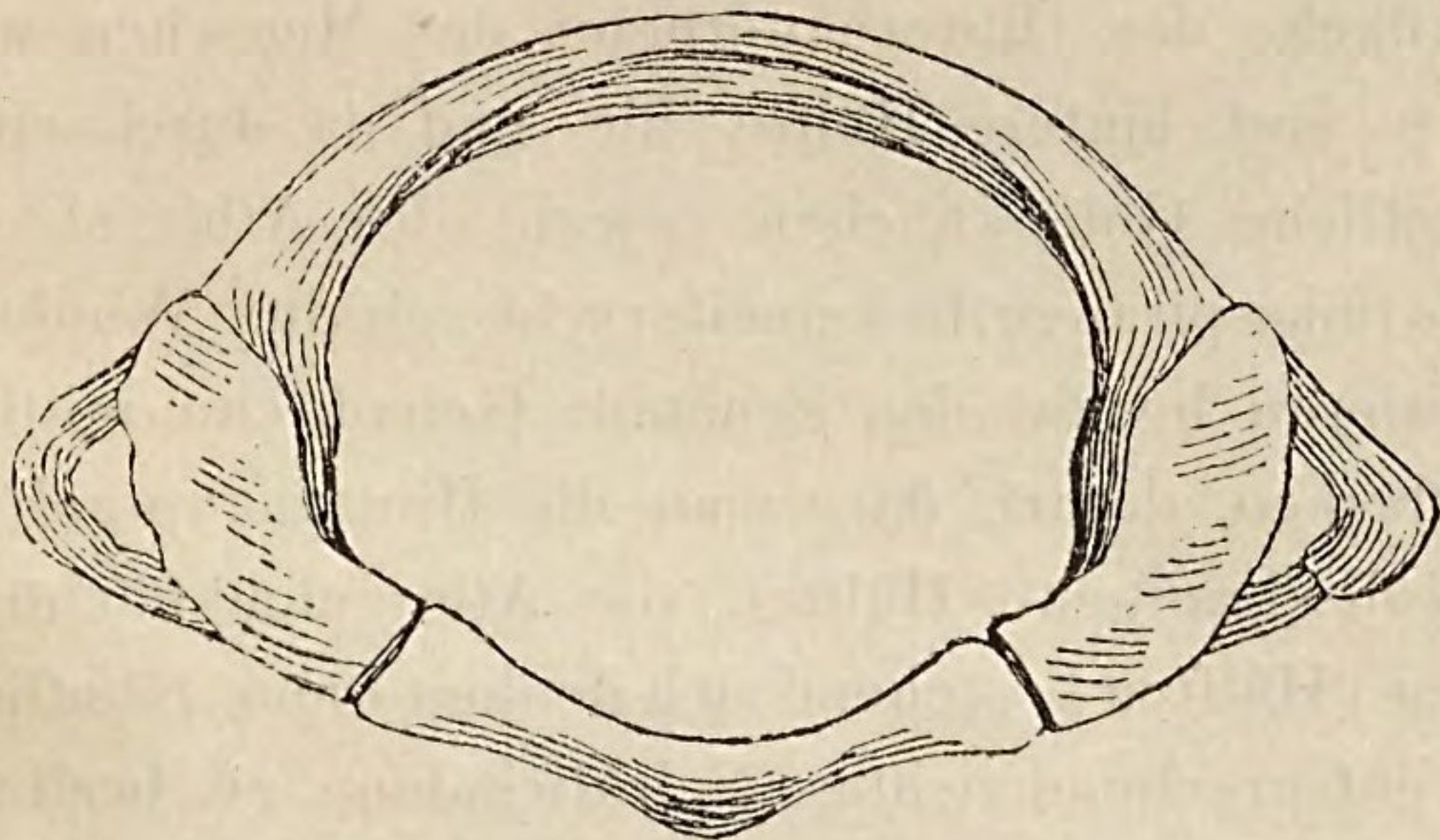
Die Wirbelendfläche eines menschlichen Wirbels, besonders der Halswirbelsäule, lässt sich durch einen sagittalen Schnitt in 2 symmetrische Hälften zerlegen. Die sattelartige Form derselben als Ganzes zerfällt dabei und an ihrer Stelle hat man eine rechte Hälfte mit linksspiraliger und eine linke Hälfte mit rechtsspiraliger Gelenkfläche. Schwieriger ist diese entgegengesetzt spiralige Drehung an den Wirbelendflächen ausgewachsener Brust- und Lendenwirbel des Menschen zu erkennen.

Die Bandscheiben zwischen je 2 Wirbelkörpern zeigen ebenfalls Andeutungen spiraliger Beschaffenheit. Man kann in dem Faserring derselben

erkennen, dass die Faserzüge im allgemeinen konzentrisch, aber schräg und in langen Spiraltouren untereinander verwoben sind. Ein ähnliches Verhältnis lässt sich in den Bündeln, welche das vordere gemeinsame Wirbelband bilden, erkennen, ferner an den beiden seitlichen Abteilungen des Ligamentum latum epistrophei u. a.

Der I. Halswirbel des Menschen (Atlas) zeigt in seinem Körper, dem Processus odontoideus epistrophei, wie oben bemerkt, die entsprechend richtige spiralige Wachstumsdrehung seiner beiden Hälften. Nach einem mir vorliegenden Präparat der Strassburger pathologischen Sammlung muss ich annehmen, dass der vordere Bogen des Atlas sich aus 2 selbständigen Knochenkernen entwickelt, welche dem eigentlichen Körper des Atlas angehören, und welche einerseits nach vorn spangenartig sich entgegenwachsen, bis sie im Tuberculum anticum atlantis zusammenstossen, anderseits nach

Fig. 9.



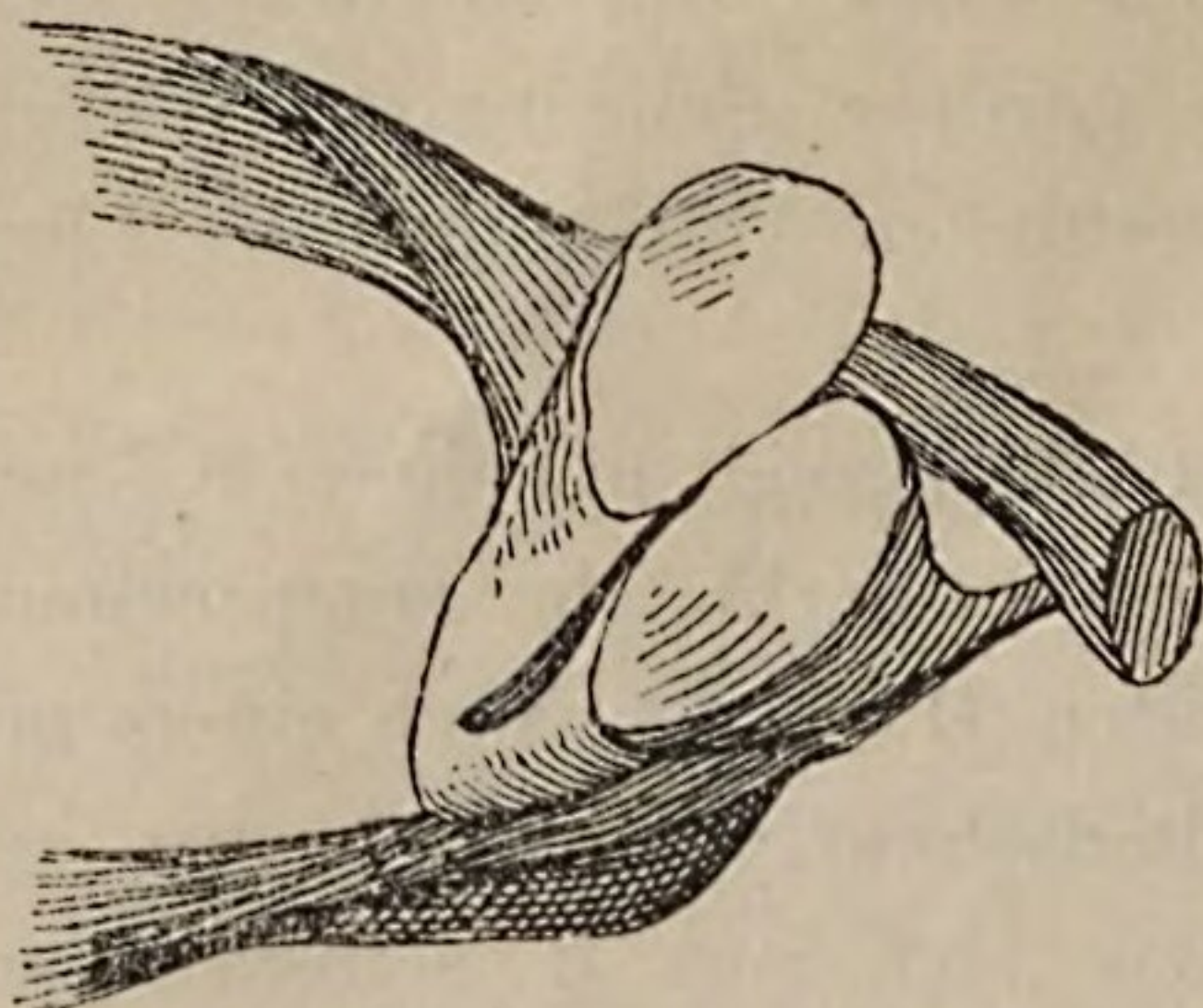
Menschlicher Atlas mit getrenntem vordern Bogen,
dessen rechte Hälfte linksspiralig,
dessen linke Hälfte rechtsspiralig gewunden ist.

hinten wachsen, um mit den Massae laterales atlantis in Verbindung zu treten. Die letztere Vereinigung ist an dem genannten Präparat noch nicht eingetreten (Fig. 9). Die rechte Hälfte des vordern Atlasbogens zeigt linksspiralige, die linke rechtsspiralige Drehung.

Die obere zur Gelenkverbindung mit dem Hinterhaupt dienende Gelenkfläche des Atlas ist die schönste schraubenförmig gewundene Fläche (Hohlschraube) des ganzen menschlichen Skeletts, vielleicht mit einzigster Ausnahme der Gelenkflächen zwischen Calcaneus und Os cuboideum. Da die entsprechenden Gelenkflächen des Hinterhauptbeins ebenso schöne Vollschaubenflächen darstellen, so muss ich das Atlantooccipitalgelenk für das der eigentlichen Schraube am nächsten stehende Gelenk erklären und zwar haben wir rechterseits eine linksgedrehte, linkerseits eine rechtsgedrehte Schraube vor uns. Die Schraubensteigung pflegt in der vordern Hälfte grösser zu sein, als in der hintern Hälfte, sie nimmt nach hinten zu allmählich ab, d. h. die schraubenförmige Drehung ist hinten eine intensivere als vorn; denn je kleiner die Schraubensteigung, um so stärker das Gewundensein.

Verhältnismässig häufig besteht die obere Gelenkfläche des Atlas aus zwei etwa gleichgrossen Facetten, welche bald noch miteinander in Berührung, bald vollständig von einander getrennt sind. In letzterm Falle setzt sich die Trennungsspalte nicht selten an der Innenfläche tief in die Massae laterales atlantis hinein fort bis in die Gegend der untern Atlasgelenkflächen (Fig. 10). Würde die Trennung in derselben Richtung nach abwärts fortgesetzt, so würde die untere Gelenkfläche des Atlas in eine kleinere

Fig. 10.



Linke Atlashälfte von vorn und oben gezeichnet. Facettenbildung der obern Gelenkfläche mit Trennungsfurche in den Massae laterales.

vordere und grössere hintere Hälfte zerfallen. Die Trennungslinie würde ferner ziemlich mitten durch das Foramen transversum atlantis hindurchgehen, dessen vordere Spange als Rippenrudiment zum vordern Teil der durchschnittenen Massae laterales fallen würde. Ich glaube, dass diese angedeutete Spalte im Atlas entwicklungsgeschichtliche Bedeutung hat, und bin der Ansicht, dass die Facettenbildung der obern Atlasgelenkfläche darauf hinweist, dass diese Gelenkfläche sich aus zwei Hälften zusammensetzt, deren vordere entwicklungsgeschichtlich zum Atlaskörper, deren hintere zum Bogen und Processus obliquus zu

rechnen ist. An der Gelenkfläche des Hinterhauptbeins des Menschen wird die Trennung in eine vordere und hintere Hälfte hie und da durch einen Knochenfirst angedeutet. Sämtliche Gelenkflächen sowohl des Atlas als des Hinterhauptes haben rechterseits linksspiralige, linkerseits rechtsspiralige Windung.

Bei den meisten Säugetieren besitzt das genannte Gelenk eine mittlere scharfe Knickung der Gelenkflächen, derart, dass man die Hinterhauptgelenkfläche als aus 2 konvexen (Vollschrauben-) Hälften, die Atlasgelenkfläche als aus 2 konkaven (Hohlschrauben-) Hälften bestehend sich denken kann. Sämtliche 8 Gelenkflächen pflegen die entsprechend richtige Spiralwindung zu besitzen.

Die Querfortsätze des Atlas zeigen die richtige Wachstumsdrehung, d. h. der rechte ist linksspiralig, der linke rechtsspiralig gedreht.

Die beiden Hälften des hintern Atlasbogens zeigen im ausgewachsenen Zustande falsche (antidrome) Drehung, welche ich mir daraus erkläre, dass der hintere Atlasbogen durch seine Verbindung mit dem Hinterhaupt in die Wachstumsrichtung nach oben hinaufgezogen wird. Die hinteren Bogenhälften des foetalen Atlas sind, wie ich mich an dem Präparat Nr. 112 der Strassburger anatomischen Sammlung überzeugen konnte, noch nicht antidrom.

Der 2. Halswirbel (Epistropheus) besitzt, wie bereits angegeben, in dem Processus odontoideus und in seinem Körper die richtige spiralige Wachstumsdrehung, wie dies aus der Dreieckstellung der Knochenfasern und Gefässöffnungen der vordern und hintern Fläche, ferner aber auch aus dem entsprechenden Verlauf der Balkensysteme der Spongiosa mit voller Klarheit hervorgeht. Auch die Processus transversi und spinosi desselben haben die richtige Drehung. Nur muss zugegeben werden, dass durch den Druck der Dornfortsatzhälften von beiden Seiten her die spiralige Drehung aufgehoben oder gar antidrom werden kann.

Das Gelenk zwischen Atlas und Epistropheus des Menschen ist nun, wie dies bereits Henke¹⁾ betont hat, ein Schraubengelenk, indem

1) Henke S. 95 s. Werkes.

die Drehung in demselben eine schraubenartige ist, sodass abwechselnd bei der Drehung des Kopfes nach rechtshin die linksgewundene, bei der Drehung des Kopfes nach linkshin die rechtsgewundene Schraube wirksam wird. Wenn die eine dieser Schrauben in Thätigkeit ist, so sind die zur andern gehörigen Halbflächen ganz von einander entfernt. Dieses für den Menschen giltige Verhältnis zeigt sich vollkommen deutlich an demselben Gelenk der Säugetiere, so z. B. bei den Raubtieren; auch am Kamelskelett konnte ich es nachweisen.

Die Trennung der Gelenkflächen zwischen dem Atlasbogen und dem Processus odontoideus in je 2 bilateral symmetrische Hälften kommt bei Tieren häufig vor; am Kamelskelett z. B. zeigt sich zwischen beiden Hälften eine seichte Leiste, beziehungsweise Furche und die beiderseitigen Gelenkhälften besitzen die entsprechend richtige Spiralwindung.

Die übrigen Halswirbel des Menschen zeigen im allgemeinen die entsprechend richtigen Drehungen. Die Querfortsätze sind rechterseits linksspiralig, linkerseits rechtsspiralig gedreht; die Dornfortsätze zeigen ebenfalls die richtige Drehung; beim Zusammenstoß von beiden Seiten her hebt sich die Drehung auf; die beiden Zacken, in welche die Dornfortsätze auslaufen, sind richtig gedreht.

An den Quer- und Dornfortsätzen der menschlichen Brustwirbel ist die Wachstumsdrehung eine analoge. Wie ich mich an dem Präparat Nr. 101 der Strassburger anatomischen Sammlung überzeugen konnte, sind sämtliche Dornfortsätze der foetalen Wirbelsäule der Fläche und der Faserung nach richtig gedreht. Dasselbe fand ich an den ausgewachsenen Dornfortsätzen von *Pithecus satyrus*.

Carl Bardeleben¹⁾ hat auch in den Processus obliqui sämtlicher Wirbel eine spiralige Drehung gefunden, es ist jedoch bei der Kürze dieser Fortsätze schwierig, in jedem einzelnen Fall zu sagen, wie gewunden die Drehung sei. Dieselbe Schwierigkeit entsteht bei der Beurteilung der Drehung der Wirbelbögen. Bei Tieren, deren Processus obliqui lang sind, wie z. B. beim Kamel, sind dieselben prachtvoll im richtigen Sinne gedreht, ja selbst auch ihre Gelenkflächen zeigen meist die richtige spiralige Windung. Um ein endgiltiges Urteil über die Drehung dieser Teile beim Menschen abgeben zu können, ist es nötig, in die frühen Zeiten fötalen Lebens zurückzugehen. Die Lendenwirbelbögen des menschlichen Foetus fand ich an dem Präparat Nr. 101 richtig gedreht. Auch foetale Kalbswirbelbögen zeigten mir stets die richtige Drehung. Dasselbe konnte ich an Wirbelbögen eines jungen Wildschweines nachweisen.

Was die Gelenkfacetten der Wirbelkörper für die Ansätze der Rippen betrifft, so sind dieselben beim Menschen in der Regel richtig gewunden. Die Gelenkflächen der Processus obliqui der Brustwirbel, besonders der unteren, und dieselben Gelenkflächen der Lendenwirbel sind meist pracht-

1) Carl Bardeleben: Beiträge zur Anatomie der Wirbelsäule. Jena 1874. S. 7.

voll spiralig gewunden; am schönsten fand ich dies zwischen dem letzten Lenden- und dem ersten Kreuzbeinwirbel. In vielen Fällen sind diese Gelenkflächen zu wenig ausgeschweift, so dass man die Art der spiraligen Drehung nicht ohne weiteres bestimmen kann.

Die ausgewachsenen Querfortsätze der Lendenwirbel zeigen in der Regel sowohl der Fläche als der Faserung als der innern Architektur nach antidrome Drehung. Wie es sich an diesen Knochen im foetalen Zustande verhält, konnte ich bisher nicht ermitteln. Vermutlich erklärt sich obige Antidrome durch den engen Zusammenhang zwischen den Bandapparaten und Muskeln, welche von den Lendenwirbeln zu den unteren Gliedmassen hinabgehen. In manchen Fällen zeigen ausgewachsene menschliche Lendenwirbelquerfortsätze keine deutliche Drehung, in anderen wiederum ist die Drehung in richtigem Sinne vorhanden, bald sind auch an demselben Skelett einige richtig, andere falsch gedreht. Nur allein die Untersuchungen foetaler Knochen können hier den richtigen Aufschluss geben. Dass während des Wachstums in der postfoetalen Periode die von vornherein richtige Drehung zum Stillstand gebracht oder umgekehrt werden kann, dafür gibt es eine Reihe weiter unten zu besprechender Beispiele. Bezüglich der Wirbel und ihrer Fortsätze verweise ich auf meine oben zitierte Arbeit in den Nr. 20—22 der Berliner klinischen Wochenschrift von 1886.

Am Kreuz- und Steissbein verhalten sich die Drehungen im allgemeinen wie an der übrigen Wirbelsäule. Die Dreieckstellung der Knochenfasern und der Gefässöffnungen findet sich sowohl auf der vordern als hintern Fläche der Körper dieser Knochen vor. Die Fortsätze der Kreuzbeinwirbel sind von den Seiten her so zusammengepresst (*Massae laterales*) oder an sich so abgestutzt (*Crista sacralis media* und *Cristae laterales*), dass man die Drehung nicht genau bestimmen kann. Auch hier dürften foetale Knochen den besten Aufschluss geben. Sind ausgewachsene Kreuzbeinwirbel, wie es öfter vorkommt, nicht untereinander verschmolzen, so pflegen sie die Drehungen wie die unteren Lendenwirbel zu besitzen.

Die Gelenkfortsätze des ersten falschen Kreuzbeinwirbels zum letzten Lendenwirbel zeigen meist prachtvoll spiralig gewundene Gelenkflächen und zwar im richtigen Sinne. Auch an den verkümmerten Gelenkfortsätzen des letzten falschen Kreuzbeinwirbels, den *Cornua sacralia*, ist die richtige Drehung ohne weiteres nachweisbar.

Die Fläche der Hüftkreuzbeinverbindung zeigt in allen Fällen spiralige Beschaffenheit, sie ist jedoch häufig antidrom gedreht.

Die *Cornua coccygea* sind richtig gedreht.

Spiralige Drehungserscheinungen an den Wirbeln sind schon längst bekannt. Man braucht nur irgend ein Werk über Skoliose durchzusehen und wird dort über die Torsionen der Wirbelkörper bei dieser Krankheit lesen.

Aber auch abgesehen von der Skoliose berichtet bereits Fleischmann¹⁾, dass die Wirbel in Bezug auf die Gestalt vielfach vom Normal abweichen, dass sie einzeln oder insgesamt seltsam gewunden, gedreht sind u. s. w. Dann führt er an, dass Otto²⁾ einen Fall von spiralförmiger Windung des sechsten Halswirbels beschrieben habe, dass man ferner analoge Fälle bei Meckel, Kelch, Sömmering, Tulpius u. A. finden könne. Die Lehrbücher der Anatomie pflegen einen Teil der Rückenwirbelsäule (vom 3. bis 8. Wirbel) als im normalen Zustande torquierte, d. h. nach rechtshin gedreht zu beschreiben. Diese Lehre ist den zahlreichen Studien über Skoliose entsprungen, welche zur Erklärung der so häufigen rechtskonvexen Skoliose des genannten Wirbelsäulenabschnittes schon ein physiologisch (normal) dort vorhandenes Ausgebogenheit nach rechts annehmen, sie sprechen von der physiologischen Rechtsskoliose. Die meisten Forscher betrachten diese Skoliose als eine Folge des Uebergewichts der rechtsseitigen Muskeln der oberen Gliedmassen. Stadfeldt³⁾ behauptet, sie sei schon beim Neugeborenen vorhanden und als ein Ueberbleibsel der Spiraldrehung des Embryo in den ersten Wochen der Entwicklung zu deuten. Es bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung, dass die oberen Wirbel der physiologischen Skoliose rechtsspiralige, die unteren linksspiralige Axendrehung besitzen müssen, falls überhaupt diese Skoliose existiert, von deren Vorhandensein ich mich bisher nicht überzeugen konnte, und welche auch von Anderen, so z. B. von Eulenburg geläugnet wird. Nur die Untersuchung foetaler Wirbel kann diese Frage entscheiden.

Um über die richtige spiralige Wachstumsdrehung der Wirbelkörper endgiltig zu entscheiden, müsste man Präparate von Missbildungen zur Verfügung haben, bei welchen Spina bifida totalis, d. h. Spaltung auch der Wirbelkörper in zwei Seitenhälften vorhanden ist. Solche Präparate sind jedoch schwer zu haben, obwohl sie öfter beobachtet sind. Fleischmann⁴⁾ führt aus der Litteratur einschlägige Fälle an, die bei Acrel⁵⁾, Ruysch⁶⁾, Fleischmann⁷⁾, Tulpius⁸⁾ und Potthoff⁹⁾ zu finden sind.

Von Tieren, deren Wirbelkörper die richtige spiralige Drehung erkennen lassen, führe ich an *Spilotas variabilis*, deren Processus spinosi auch sehr schön gedreht sind, und das Pferd.

Wie verschieden sich die Drehungen der Lendenwirbelquerfortsätze erwachsener Tiere verhalten, möge man aus folgenden Beispielen ersehen:

1) F. L. Fleischmann, Bildungshemmungen des Menschen und der Tiere. Nürnberg 1833. S. 252.

2) Otto, Lehrbuch der pathologischen Anatomie Bd. I. S. 200. Anm. 17.

3) Stadfeldt, In Bibliothek for Laeger 5. R. VIII.

4) Fleischmann, S. 237 s. Werkes.

5) Acrel, in Schwed. Abhandlungen Bd. X. S. 291. 1680.

6) Ruysch, Observationes anat. chir., obs. XXXVI.

7) Fleischmann, G., De vitis congenitis circa thoracem et abdomen. Erlangen 1810. S. 10.

8) Tulpius, Observ. med. S. 230.

9) Potthoff, Descriptio casus rarissimi spinae bifidae totalis Berol. 1823.

1) bei *Capra hircus* ist der 1. unbestimmbar, der 2.—4. richtig, der 5. und 6. falsch gedreht.

2) bei *Cervus capreolus* ist der 1. unbestimmbar, der 2.—5. richtig, der 6. falsch gedreht.

3) bei *Ovis aries* sind sie sämtlich richtig gedreht.

4) bei Alligator sind die 3 ersten richtig, die beiden folgenden unbestimmbar.

5) beim Kamel sind sie alle richtig.

II. Die Rippen und das Brustbein.

a) Die Rippen.

Die menschlichen Rippen besitzen sämtlich spiralige Wachstumsdrehung und zwar sind die rechten Rippen linksspiralig, die linken rechtsspiralig gedreht. Die Drehung offenbart sich:

1) in der äussern Form. Jede Rippe, vielleicht mit Ausnahme der ersten, stellt einen spiralig gewundenen Körper dar. Die Spiralensteigung des knöchernen Rippenteils pflegt in deren vordern Abschnitt eine starke zu sein, d. h. der Steigungswinkel ist gross, nach der Axillarlinie zu wird er kleiner und nimmt bis zum Tuberculum costae hin ab. An den oberen Rippen, welche vom Schulterblatt bedeckt werden, kann der Steigungswinkel bereits in der Gegend des Rippenwinkels gleich Null werden, und weiter nach dem Rippenköpfchen zu kann sogar eine leichte Umkehr der Spiralindehnung, d. h. eine Antidrome, eintreten.

2) in den Rippenflächen. Verfolgt man die innere der Brusthöhle zugewendete Rippenfläche, so wird man finden, dass dieselbe von vorn bis hinten spiralige Windung besitzt; auch hier ist der Steigungswinkel im vordern Teil grösser als im hintern. Die äussere Fläche der Rippen ist in demselben Sinne gewunden, jedoch kommt hier in dem hintern Abschnitt vom Rippenköpfchen bis zum Tuberculum costae und zuweilen sogar bis zum Rippenwinkel hin ganz leichte antidrome Drehung vor, besonders an den von dem Schulterblatt bedeckten Rippen.

3) in der Knochenfaserung, welche den in 1 und 2 ausgedrückten spiraligen Windungen homodrom ist; ausgenommen ist wiederum der hinterste vom Rippenköpfchen zum Tuberculum reichende Abschnitt, wo die Faserung antidrom läuft.

4) in den Balkensystemen der Spongiosa.

5) in der Spaltbarkeit.

Dass auch sämtliche Knorpel der menschlichen Rippen dieselbe spiralige Drehung besitzen, davon kann man sich an jedem Skelett überzeugen.

Die erste Rippe des erwachsenen Menschen bildet eine Ausnahme, sie ist in der Regel der äussern Form und den Flächen nach leicht antidrom gedreht. In den frühesten Stadien embryonalen Lebens zeigt sich jedoch,

wie ich an mehreren Präparaten der Strassburger anatomischen Sammlung (Abteilung Osteologie Kasten Nr. 29—32) fand, die richtige spiralige Wachstumsdrehung. Die Antidrome der ersten Rippe scheint schon sehr früh aufzutreten und bildet sich zuerst im mittlern Teile derselben aus. Werden nicht ausgewachsene Rippen durch knöcherne Brücken, überzählige Knorpel u. s. w. mit einander verschmolzen, so kann sich sowohl die spiralige Rippenkrümmung als die Flächen- und Fasertorsion ganz bedeutend verändern, bald vermindern, bald erhöhen. Dasselbe kann man an Doppelmissbildungen beobachten, welche zugleich lehren, dass die Drehung der Rippe eine antidrome wird, wenn sich der natürlichen Drehung ein unüberwindliches Hindernis entgegensetzt. So finde ich an einem Präparat der Strassburger pathologischen Sammlung, dass die nach hinten hinausgewichenen linken des einen und die rechten Rippen des andern Foetus richtig gedreht sind, so lange sie nicht aufeinanderstossen; sobald letzteres geschieht, bilden sie vereinigt dornfortsatzähnliche Körper mit Antidrome an der verschmolzenen Partie.

An ausgewachsenen Tierskeletten findet man die Drehung der 1. Rippe sehr verschieden. Bei *Capra hircus* und *Canis lupus* ist sie im obern Drittel antidrom, bei *Ovis aries*, *Cervus capreolus*, *Tapirus*, ferner bei den Ophidiern ist sie von Anfang bis zu Ende richtig gedreht u. s. w.

Bei dem Rinde steigen die Rippenknorpel von der 8. Rippe an fast parallel von hinten nach vorn zum Brustbein und drücken sich dabei der Fläche nach zum Teil antidrom, während der Faserverlauf homodrom bleibt. Beim Alligator finden wir rudimentäre Halsrippen vor, ferner zerfallen die eigentlichen Rippen in Vertebral- und Sternalrippen; sie zeigen sämtlich die richtige Drehung. Aber selbst auch die Bauchrippen desselben, welche knöcherne Inscriptiones sind, haben in ihrem hintern und mittlern Abschnitt richtige Drehung und nur in der Gegend der Linea alba, wo sie von rechts und links her sich einander nähern, werden sie auf eine kurze Strecke antidrom.

Bei den Vögeln, deren Brustbein eine massige Entwicklung erreicht, verlaufen die Vertebralstücke der Rippen sämtlich richtig gedreht, während die Sternalstücke derselben oftmals entweder ganz oder teilweise antidrom werden (*Falco*, *Buteo*) und nur in der Minderzahl von hinten bis vorn richtig gedreht sind, z. B. bei den Straussenarten.

b) Das Brustbein.

Bisher ist es mir nicht gelungen, die spiralige Drehung des Brustbeins nachzuweisen. Um letztere zur Anschauung zu bringen, müsste man Präparate mit Brustbeinspalte oder frühe foetale Stadien der Brustbeinentwicklung zur Verfügung haben.

An foetalen Brustbeinen des Menschen wird vielfach die höher oben besprochene Dreieckstellung der Knochenfasern und Gefässöffnungen beobachtet, besonders am Manubrium desselben.

Das bei den Vögeln massig angelegte Brustbein wird von einer ebenso massigen Muskulatur bedeckt, von deren richtiger Axendrehung man sich so leicht überzeugen kann, dass dadurch allein die richtige Drehung auch des Knochens im höchsten Grade wahrscheinlich wird. Dass die beiden Hälften des Brustbeins beim Zusammenstoss in der Mitte ihre gegenseitigen Drehungen abschwächen, aufheben oder umkehren können, liegt auf der Hand.

III. Der Schädel.

a) Das Hinterhauptbein.

Der eigentliche Körper des Hinterhauptbeins zeigt auf seiner Rachenfläche die Dreieckstellung der Knochenfasern und Gefässöffnungen, welche auf die richtige Drehung der beiden Körperhälften hinweisen. Die Seitenteile besitzen die richtige spiralige Drehung. Die Gelenkfläche der Processus condyloidei ist eine prachtvoll gedrehte Vollschrabe, deren Steigungswinkel im hintern Abschnitt kleiner ist als im vordern.

Die bei der Besprechung der Atlasgelenkfläche erwähnte leistenartige Erhabenheit der Gelenkflächen des Hinterhaupts zieht schräg von hinten und aussen nach vorn und innen und teilt die Gelenkfläche in 2 annähernd gleichgrosse, eine vordere und eine hintere Fläche. Koster¹⁾ hat meines Wissens diese Leiste zuerst beschrieben. Wie beim Atlas, so scheint auch beim Hinterhaupt der vor der genannten Leiste liegende Gelenkflächenteil entwicklungsgeschichtlich dem eigentlichen Körper des Hinterhauptbeins anzugehören, während die hintere Hälfte der Gelenkfläche derjenigen der Processus obliqui der echten Wirbel entspricht. Das fälschlich sogenannte Foramen condyloideum anterius für den Durchtritt des 12. Hirnnerven wäre alsdann als ein Foramen laterale zu bezeichnen und würde entwicklungsgeschichtlich einem Foramen intervertebrale entsprechen.

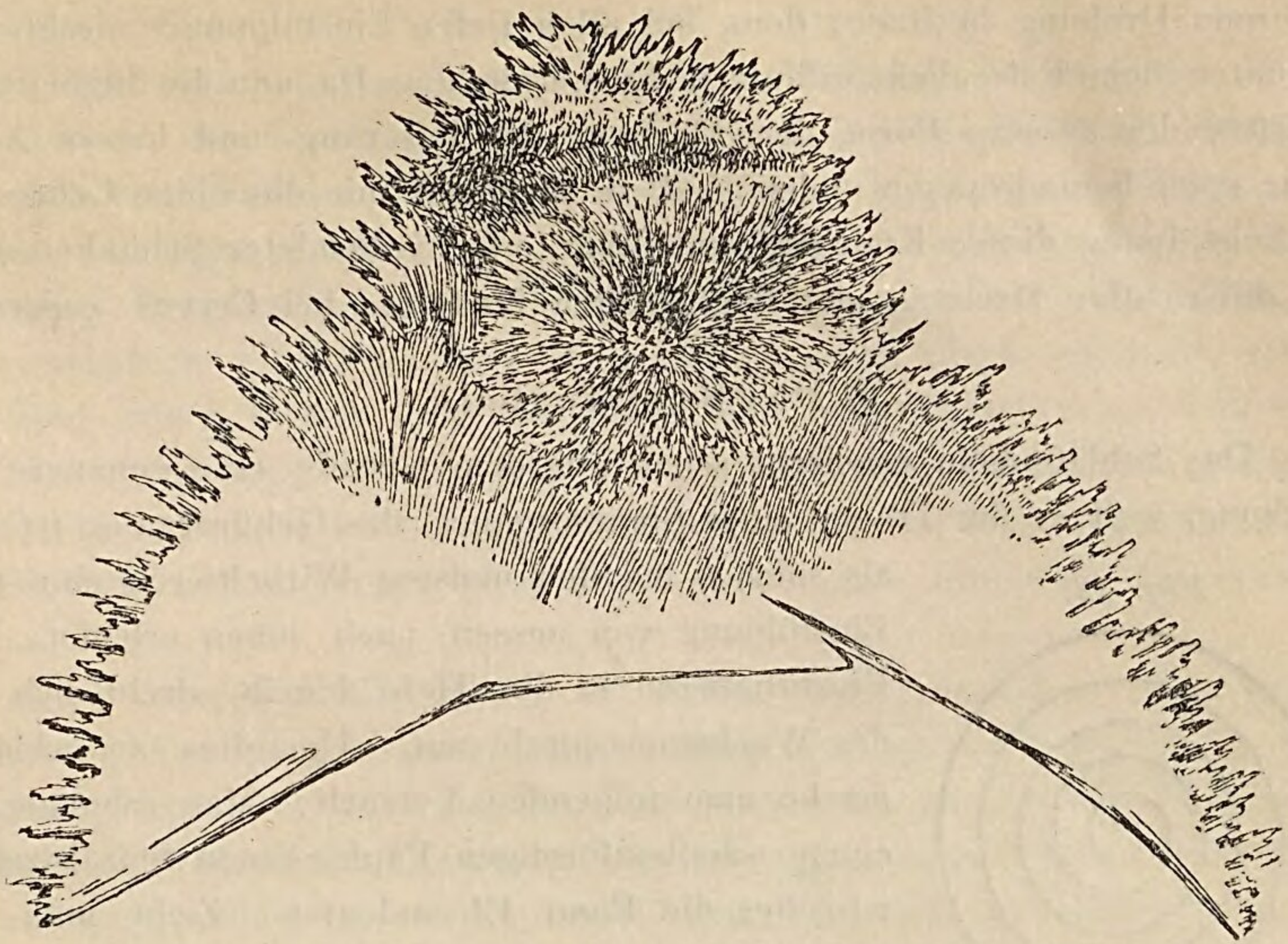
Die Hinterhauptsschuppe ist antidrom gedreht. Der Beweis für diese Behauptung lässt sich an dem noch durchsichtigen Hinterhaupt ganz junger Kinderschädel, ferner auch am jungen hydrocephalischen Schädel ohne weiteres führen; man sieht den spiraligen Verlauf der Knochenfasern bei durchfallendem Licht mit blossen Auge.

Die Umrandung des Hinterhauptloches ist an foetalen Knochen frühester Periode richtig gedreht, später lässt sich hier die Art der Drehung nicht mehr deutlich nachweisen.

Knochenauflagerungen, welche infolge chronisch entzündlicher Vorgänge am Knochen und Periost zustande kommen, pflegen in der Regel deutliche Spuren von Drehung zu zeigen. So finde ich an dem Präparat Nr. 646 A der pathologischen Sammlung am obern Ende der Hinterhauptsschuppe Knochenauflagerungen, welche ihrer Form und Faserdrehung nach fast an den Haarwirbel am Hinterkopf erinnern (Figur 11). Es handelt sich

1) Koster, in Nederlandsch Archief voor Genees-en natuurkunde I 353.

Fig. 11.



Drehungserscheinungen an Knochenneubildungen in einem skrophulösen Knochengeschwür.

in diesem Präparat um die Hinterhauptschuppe eines skrophulösen Individuums mit zahlreichen Geschwüren, die den Knochen mitergriffen haben; infolge davon kam es einerseits zur Rarefaction des Gewebes, anderseits zu accidenteller Neubildung von Knochengewebe. Letztere zeigt deutliche Drehungen, ja es macht den Eindruck, als wenn selbst die Zacken der Lamdanaht auf beiden Seiten entgegengesetzte Drehung zeigten.

b) Das Keilbein.

Der aus 2 Knochenkernen, einem rechten und einem linken, sich entwickelnde Keilbeinkörper besitzt die richtige spiralige Drehung, wie dies die Dreieckstellung der Knochenfasern und Gefässöffnungen auf seiner untern Fläche beweist.

An dem Türkensattel lässt sich die spiralige Drehung nicht deutlich erkennen, dagegen ist die Sattellehne in ihren beiden Hälften richtig gedreht, ebenso ihre Endausläufer, die Processus clinoidei posteriores. Die Processus clinoidei anteriores und auch die kleinen Flügel des Keilbeins sind richtig gedreht, ja das zwischen ihren Schenkeln liegende Foramen opticum zeigt eine im richtigen Sinne ansetzende Windung. Die grossen Keilbeinflügel besitzen an allen Teilen die richtige Wachstumsdrehung und dasselbe muss auch von den flügelartigen Fortsätzen behauptet werden, sowohl von ihrer äusseren als inneren Lamelle. Die innere Lamelle dieser Fortsätze soll sich, wie die Entwicklungsgeschichte ¹⁾ lehrt, wahrscheinlich aus dem Oberkieferfortsatz des ersten Kiemenbogens entwickeln und würde somit in Folge einer sehr tiefen Einstülpung von aussen nach innen an ihre

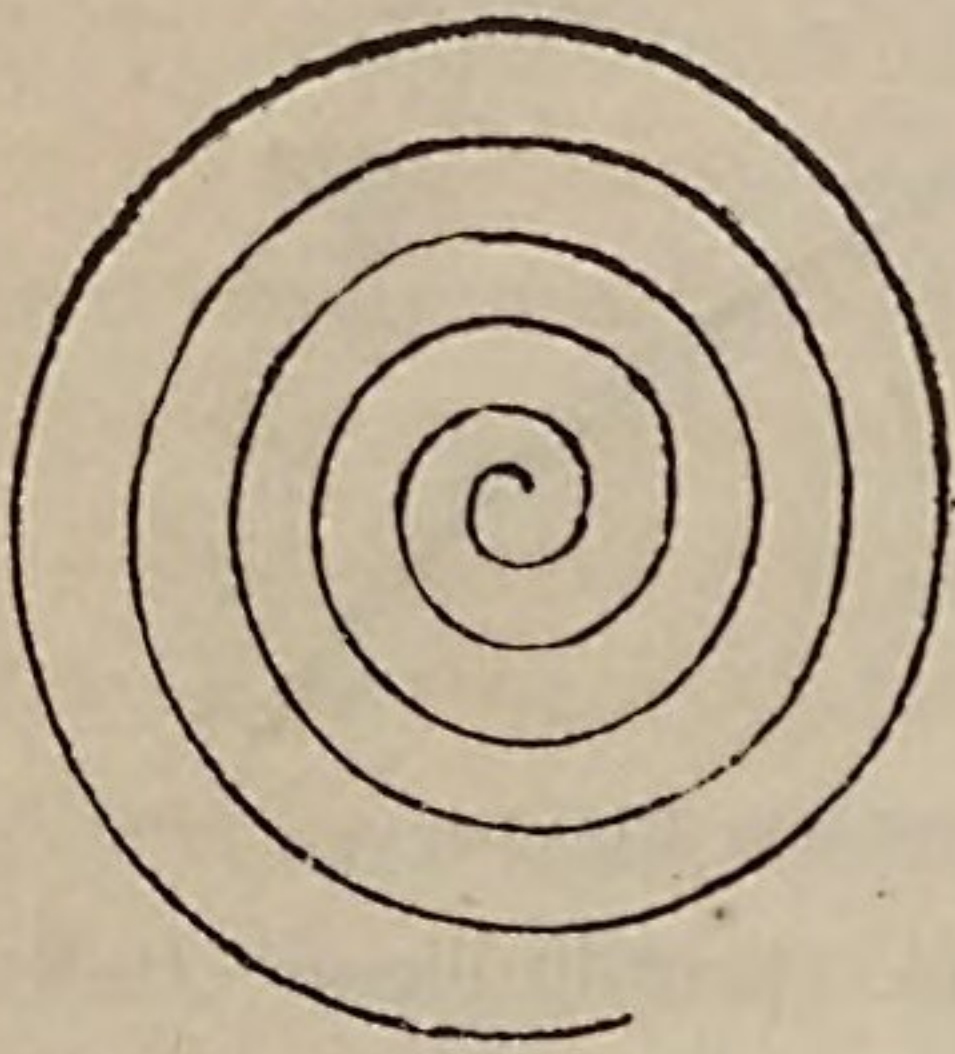
1) Kölliker, Entwicklungsgeschichte S. 452. 1879.

definitive Stelle gelangen. Wäre dies richtig, so müsste die innere Lamelle antidrome Drehung besitzen; denn bei allen tiefen Einstülpungen dreht sich, wie unten beim Felsenbein erläutert, die Spirale um. Da nun die flügelartigen Fortsätze der äussern Form, den Flächen, der Faserung und innern Architektur nach homodrom gewunden sind, so erscheint mir die obige Lehre von der Einstülpung dieses Knochens unhaltbar. In vollendeter Schönheit sieht man die richtige Drehung der flügelartigen Fortsätze bei *Cervus capreolus*.

c) Das Schläfenbein.

Das Schläfenbein erheischt schon aus dem Grunde eine genauere Besprechung, weil es der Träger eines Sinnesorganes, des Gehörorgans, ist und

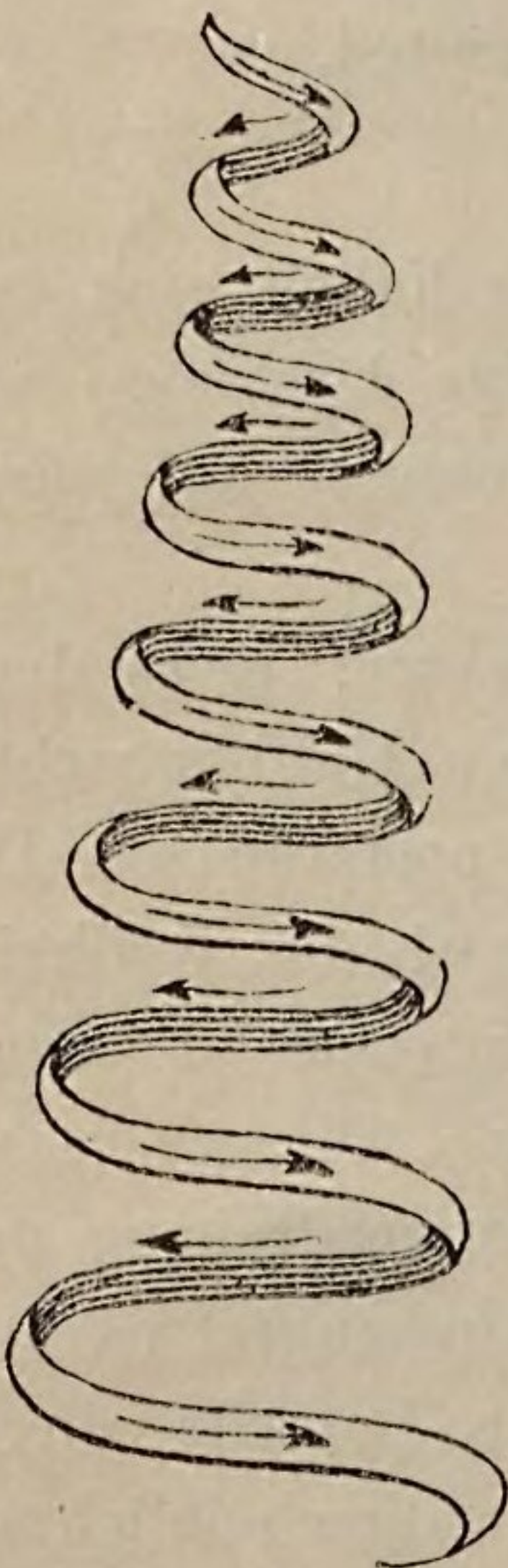
Fig. 12.



Scheibenförmiges Stück Papier,
zu einem Spiralstreifen
zugeschnitten.

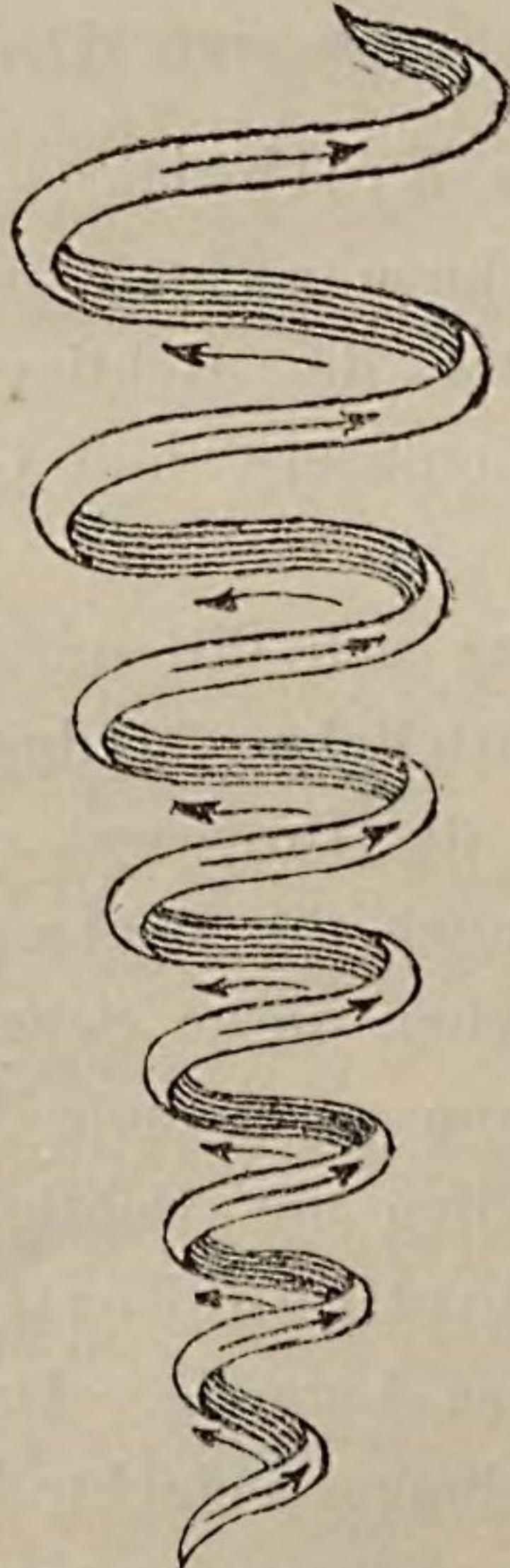
als solches bei den meisten Wirbeltieren eine tiefe Einstülpung von aussen nach innen erleidet. Bei Einstülpungen in die Tiefe hinein, dreht sich nun die Wachstumsspirale um. Um dies zu erklären, mache man folgenden Versuch: Man schneide aus einem scheibenförmigen Papier einen Spiralstreifen, wie dies die Figur 12 andeutet. Zieht man den Spiralstreifen nun das eine Mal nach oben hin zur Spirale auseinander, so erhält man eine linksgewundene (Fig. 13), zieht man ihn jedoch nach unten hin zur Spirale auseinander, so erhält man eine rechtsgewundene Spirale (Fig. 14), beides

Fig. 13.



Der Spiralstreifen in Figur 12
nach oben hin zur Spirale
ausgezogen gibt eine links-
gewundene Spirale.

Fig. 14.



Derselbe Spiralstreifen
nach unten hin zur Spirale
ausgezogen gibt eine
rechtsgewundene Spirale.

Spiralen mit kegelförmiger Spindel. Die eine Spirale ist das genaue Spiegelbild der andern; denn hält man eine linksgewundene Spirale vor den Spiegel, so erscheint sie in dem Spiegel als eine rechtsgewundene.

Ganz genau analog gestalten sich die Wachstumsdrehungen der Tiere. So lange das Wachstum von innen nach aussen fortschreitet, bleibt die Wachstumsspirale dieselbe, sobald Einstülpung von aussen nach innen stattfindet, dreht sie um. Dies kann man am Gehörorgan, am Sehorgan, an der Mund- und Nasenhöhle mit voller Klarheit nachweisen. Am untern Körperende, der After- und Genitaleinstülpung muss genau dasselbe

stattfinden, jedoch ist daselbst der Nachweis schwierig, weil nur Weichteile eingestülpt sind.

Uebertragen wir das Gesagte auf das Schläfenbein, so muss der Jochfortsatz und die Schuppe die richtige homodrome Drehung besitzen; dies ist in der That der Fall. Der Jochfortsatz ist der äussern Form, den Flächen, den Knochenfasern und der Architektur der Balkensysteme nach rechterseits linkspiralig, linkerseits rechtsspiralig gewunden. Die Schuppe des erwachsenen Knochens lässt die Drehung meist nicht erkennen, untersucht man jedoch foetale oder wenigstens sehr junge Knochen, so sieht man auch hier die richtige Drehung mit blossem Auge. Am deutlichsten gestalten sich selbstverständlich diese Verhältnisse an recht dicken Schläfenbeinschuppen und empfiehlt sich diejenige eines Pferdefoetus ganz besonders zur Demonstration.

Alles nun, was Einstülpung am Schläfenbein ist, zeigt umgekehrte (antidrome) Wachstumsdrehung. Die Umkehr der Spirale beginnt, wie man an jedem foetalen Schädel auf das deutlichste sieht, bereits bei der Bildung des Annulus tympanicus. Dieser ist von seinem ersten Entstehen an rechterseits rechtsgewunden, er bildet nicht einen in sich geschlossenen Kreis, sondern er dreht aus der Ebene heraus. Durch dieses Verhalten kommt es zur Bildung der obern Tasche des Trommelfells, der Membrana flaccida. Ist die spiralige Drehung in normaler Weise vorhanden, d. h. recht intensiv, so ist die Spiralensteigung eine sehr geringe und die beiden Enden des Annulus tympanicus liegen nahe aneinander; ist die Wachstumsdrehung abnorm geschwächt, so wird die Spirale mehr gestreckt, der Steigungswinkel wird grösser, die beiden Enden des Annulus rücken weiter auseinander. Alsdann kann unter Umständen der membranöse Verschluss an der Trommelfelltasche ausbleiben und wir erhalten als eine Bildungshemmung das Foramen Rivini.

Mit der weitem Ausbildung des Gehörganges nimmt dieser nun rechterseits eine rechtsspiralige Windung an. Weiter nach der Tiefe zu gelangen wir zur Paukenhöhle. Dort begegnen wir weitem Einstülpungen, nämlich den von den Kiemenbögen aus eingestülpten Gehörknöchelchen. Es lässt sich nun mit grösster Deutlichkeit und mit blossem Auge erkennen, dass der Hammer rechterseits ein rechtsgewundener Knochen ist und zwar gelingt dieser Nachweis an seinem Kopf, seinem Halse, seinem langen Fortsatz, seinem Griff und seiner Gelenkfläche zum Ambos. Letzterer lässt weiterhin die antidrome Windung seiner beiden Fortsätze erkennen. Aber auch der Steigbügel ist rechterseits rechtsspiralig gewunden; betrachtet man nämlich seine beiden Schenkel etwas genauer, so wird man finden, dass sie nicht in einer Ebene liegen, sie sind vielmehr in rechtsspiraligem Sinne aus der Ebene heraus gedreht; ich glaube sogar diese Art des rechtsspiraligen Gedrehtseins auch an der ringförmigen Fussplatte des Steigbügels bemerkt zu haben.

Noch weiter nach der Tiefe zu kommen wir zu dem knöchernen Gehörlabyrinth. Da lässt sich nun wiederum auf das bestimmteste nachweisen,

dass zunächst die halbzirkelförmigen Kanäle sämtlich aus der Ebene herausgedreht sind, sie setzen rechterseits sämtlich in rechtsgewundenen Spiralen an.

Die Gehörschnecke endlich ist rechterseits stets rechtsgewunden.

Erwägen wir nun schliesslich, dass die rechte Felsenbeinpyramide ihrer äussern Form nach eine Rechtsspirale ist, dass ferner ihre Flächen und ihre Faserung rechtsspiralig gedreht sind, so haben wir in der Gehöreinstülpung eine derart regelmässig wiederkehrende Wachstumsdrehung in demselben spiraligen Sinne, dass an einer Gesetzmässigkeit absolut nicht gezweifelt werden kann.

Auch die in und durch die Felsenbeinpyramide gehenden Kanäle, der Canalis caroticus, Fallopie, Porus acusticus internus lassen sämtlich dieselbe spiralige Drehung erkennen.

Legt man einen Längsschnitt senkrecht durch die Felsenbeinpyramide und den Processus mastoideus hindurch, sodass man die innere Architektur des letztern zu Gesichte bekommt, so wird man erkennen, dass letztere in 2 Abteilungen zerfällt, eine innere der Paukenhöhle angehörige mit ziemlich kleinen Cellulae mastoideae und eine äussere mit grossen Zellen. In der Regel ist eine Trennung beider Abteilungen durch eine bogenförmige Knochenlamelle angedeutet, welche, wie mir scheint, die Linie vorstellt, in welcher die Spiraldrehung umkehrt; alles was nach innen von derselben der Felsenbeinpyramide zugekehrt ist, besitzt deren antidrome Drehung, alles was nach aussen von dieser Linie liegt, zeigt die homodrome Drehung der äussern Decke. Die Richtung der jederseitigen Cellulae mastoideae gegen diese Linie hin, ist eine von aussen und innen her entgegengesetzte.

Zum Schluss muss erwähnt werden, dass der knorpelige Gehörgang und die Ohrmuschel, welche letztere keine Einstülpung ist, in ihrer Wachstumsdrehung der antidromen Ohreinstülpung folgen, sodass die rechte Ohrmuschel rechtsspiralig, die linke linksspiralig ist.

Das weitere über spiraliges Wachstum des Gehörorgans siehe im Kapitel „Sinnesorgane“.

d) Das Stirnbein.

Am Stirnbein können wir ebenso wie an dem Schläfenbein einen nicht eingestülpten und einen eingestülpten Teil unterscheiden. Letzterer zerfällt in einen Augenhöhlen- und einen Nasenhöhlenteil. Am menschlichen Stirnbein pflegt der nicht eingestülpte Teil, die Pars frontalis rechterseits links-spiralige Drehung zu besitzen. Die Tubera frontalia des kindlichen Schädels zeigen häufig Faserwirbel mit richtiger Drehung. Nur der Teil, welcher Glabella genannt wird, besitzt, wenn nicht immer so doch manchmal, antidrome Drehung, wie man dies an foetalen Knochen mit ausgeprägt strahligen Bau deutlich sehen kann. Solche Strahlen verlaufen, wie die der übrigen Schädeldeckknochen, nicht ganz gerade, sondern in leicht bogenförmiger Krümmung, wodurch die Art der spiraligen Drehung angedeutet wird. Letztere hat ihre Drehaxe im Tuber frontale und die Axe geht senkrecht

durch den Knochen hindurch. Infolge davon werden die innere und äussere Fläche des Knochens beim Wachstum desselben gegeneinander gedreht.

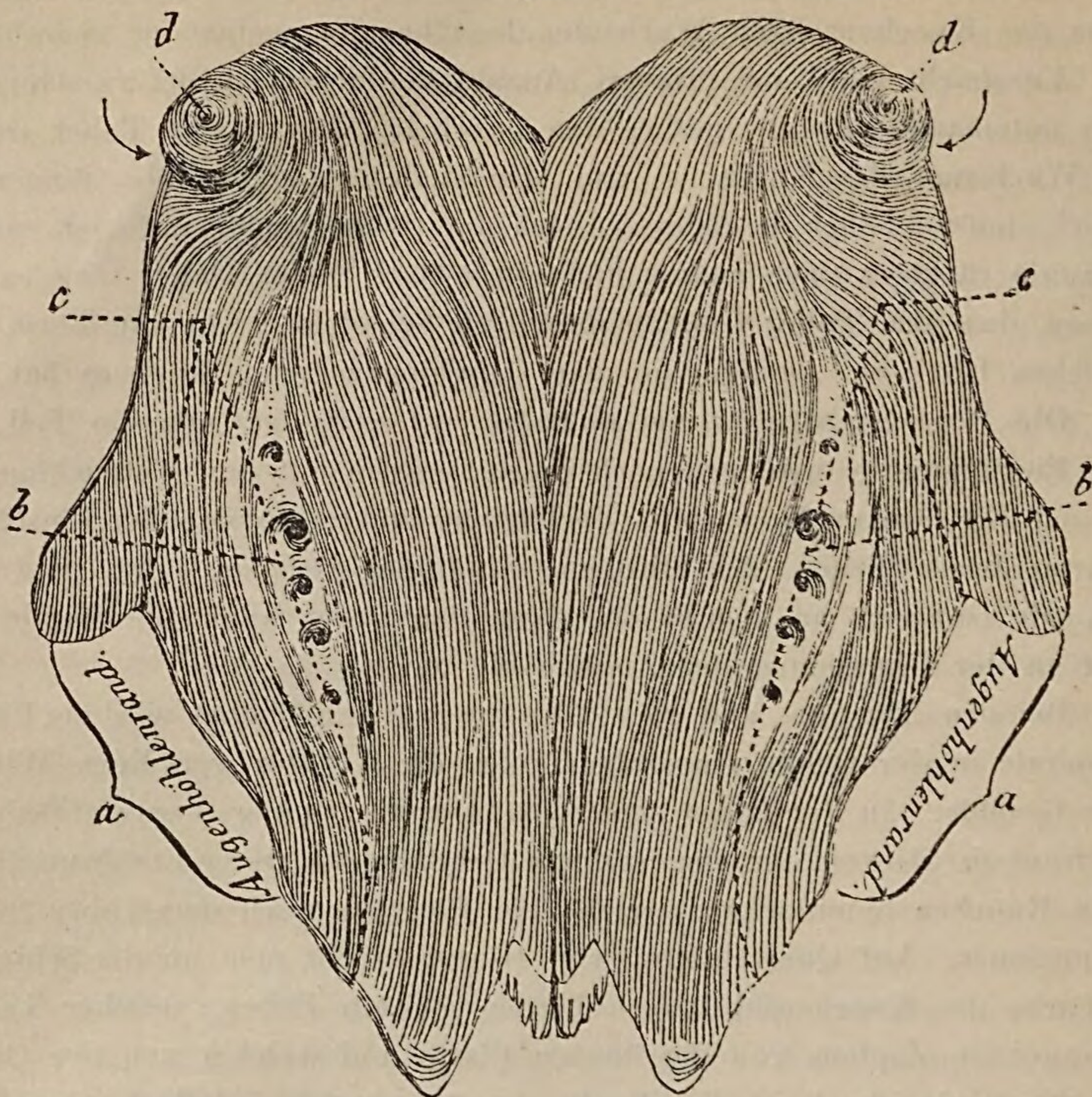
Vergleicht man eine grössere Anzahl kindlicher Schädel verschiedenen Alters miteinander, so gewinnt es den Anschein, als ob das Tuber frontale beim Wachstum des Knochens von der Stelle wandere. Je jünger der Schädel, um so näher befindet es sich am Orbitalrande, mit dem weiteren Wachstum rückt es nach aussen und etwas nach oben. Daher mag es auch kommen, dass das Tuber frontale an vielen Schädeln nicht die Form eines rundlichen Höckers, sondern die eines langhingezogenen Rückens hat.

Die Pars orbitalis und nasalis jederseits ist nun ein Teil jener tiefen Einstülpung von aussen nach innen, welche mit der Entwicklung des Seh- und Riechorgans in engster Verbindung steht. Infolge der Einstülpung findet an diesen Teilen des Stirnbeins antidrome Drehung statt und zwar dreht, wie man sich an dem Faserverlauf überzeugen kann, die Spirale ganz scharf an der Umrandung der Augenhöhle um.

Bei den hörner- und geweihetragenden Tieren wird die Umkehr der Spirale in der Orbita massgebend für die Art der spiraligen Windung dieser Gebilde. In der Regel sieht man sowohl von der äussern Fläche der Pars frontalis als von der eingestülpten Orbitaldecke grosse Ernährungslöcher in den Knochen hineingehen, welche die Richtung nach dem Tuber frontale zu einnehmen. Auf Querschnitten von Hörnern sieht man an der Schichtung und Farbe der Knochensubstanzen in den meisten Fällen, welcher Teil des horntragenden Zapfens von der äussern Platte und welcher von der Orbitalplatte herrührt. Auch ist die Strecke der äussern Stirnbeinfläche vom Tuber frontale zum äussern Winkel des Orbitalrandes hin meist deutlich von dem innern Teil, der Glabella, sowohl durch die Farbe als den Knochenfaser- und Knochenbälkchenverlauf zu unterscheiden. Dieser Teil ist in Figur 15 durch die punktierten Linien bezeichnet, er bildet gleichsam die äussere, von der äussern Fläche des Stirnbeins gebildete Hornwurzel, während die innere Hornwurzel von der Orbitalplatte geliefert wird. Nun ist es für die Art der Hornwindung entscheidend, welche der beiden Wurzeln die Oberhand hat. Ist die äussere Wurzel die stärkere, so windet das Horn homodrom; ist die Orbitalwurzel die stärkere, so windet es antidrom; halten sich beide Platten das Gleichgewicht, wie dies bei vielen geweihetragenden Tieren annähernd der Fall ist, so kann die Windung gleich Null werden.

Aus diesem Verhalten erklärt es sich, warum unter Umständen bei Tieren, die in der Regel homodrome Hornwindung haben, auch einmal antidrom gedrehte Hörner vorkommen können; ferner erklärt es sich, dass bei den Schafarten, welche jederseits 2 Hörner, ein grösseres und ein kleineres, besitzen, das eine Horn homodrome, das andere antidrome Drehung besitzt; weiterhin ist ersichtlich, dass ausnahmsweise einmal die Hörner beider Seiten dieselbe Drehung haben, ja man wird es erklärlich finden, dass ein und dasselbe Horn einmal eine Zeit lang rechtsspiralig dreht und später zur Linksspirale übergeht u. s. w.

Fig. 15.



Foetales Stirnbein von *Bos taurus*. Faserverlauf des Knochens. b) Ernährungslöcher; c) Stelle, wo die Orbitalplatte mit der äussern Platte zusammenstösst und derselben ihre antidrome Faserichtung mitteilt; d) Antidrome im Tuber frontale.

Am ganz jungen Rehschädel, noch viel schöner an demjenigen von *Bos taurus* lässt sich die Art der Spiralwindung des Knochenfaserwirbels am Tuber frontale mit blossen Auge erkennen. Man sieht deutlich, dass dieser Wirbel eigentlich nichts anderes ist als der Scheitel der Spirale, welche als Hornwurzel vom Orbitalrande aus breit ansetzt und nach oben schmaler wird, sich schneckenhausähnlich um das Tuber frontale herumbegibt, um in derselben spiraligen Drehung auf dessen Spitze zu endigen. Somit kann man bereits am ganz jungen und selbst foetalen Schädel nachweisen, wie das später hervorwachsende Horn gewunden sein wird.

In der anatomischen Sammlung fand ich an einem menschlichen foetalen Stirnbein in der Gegend des Tuber frontale nicht ein, sondern drei Knochenfaserwirbel in einer Entfernung von etwa $\frac{1}{2}$ Zentimeter von einander; alle drei waren auf dem rechten Stirnbein linksspiralig gewunden; der am meisten abwärts befindliche war etwa 1 Zentimeter vom Orbitalrande entfernt. Dieses Verhalten deutet ebenso wie die *Impressiones digitatae* der Innenfläche auf eine Wachstumsdrehung in kleineren Distrikten, zu welcher dann die über den ganzen Knochen sich ausdehnende Drehung mit ihrer im Tuber frontale liegenden Axe hinzukommt.

Alle im Vorhergehenden geschilderten Drehungen des Stirnbeins lassen sich an foetalen, zum Teil auch an erwachsenen Knochen mit blossen Auge oder mit der Loupe verfolgen. Pathologisch veränderte Knochen mit starken Auflagerungen neugebildeter Knochensubstanz pflegen hier, wie am Hinterhaupt, die Drehungen in vollendeter Schönheit darzubieten.

e) Das Seitenwandbein.

Das rechte Seitenwandbein besitzt linksspiralige, das linke rechtsspiralige Drehung. Auch hier ist sowohl bündelweises Drehen an den *Impressiones digitatae* nachweisbar, als auch über den ganzen Knochen verbreitete Drehung vorhanden. Letztere ist auf dem Querschnitt des foetalen Seitenwandbeines des Pferdes besonders deutlich und lehrt der Verlauf der Bälkchen in der Spongiosa, dass die Drehung eine homodrome ist.

Die Knochenstrahlen des foetalen oder jugendlichen Seitenwandbeins verlaufen nicht gerade, sondern in leichter Bogenkrümmung. Dadurch bestimmt sich die Art der spiraligen Drehung, welche man besonders leicht am hydrocephalischen Schädel studieren kann. An einigen Seitenwandbeinen der pathologischen Sammlung fand ich die hintere, der kleinen Fontanelle entsprechende, Partie des Knochens leicht antidrom gedreht. Entweder kommt diese Antidrome unter dem Einfluss der antidrom gedrehten Hinterhauptschuppe, oder durch den Druck der Knochen in der Mittellinie gegeneinander zustande.

Das *Tuber parietale* des foetalen menschlichen Knochens zeigt stets den richtig (homodrom) gedrehten Faserwirbel. Auch hier scheint, wie bei dem *Tuber frontale*, im Verlauf des Wachstums ein Wandern des *Tuber* einzutreten, indem dieses nach hinten und etwas nach innen rückt.

f) Das Siebbein.

Die Siebbeinplatte und die *Crista galli* lassen die Art der spiraligen Wachstumsdrehung nicht erkennen. Foetale Knochen mögen vielleicht nähern Aufschluss geben. Das ganze Siebbeinlabyrinth samt seiner *Lamina papyracea* ist als eingestülpter Knochen antidrom gedreht. An der *Lamina papyracea* dokumentiert sich die Antidrome in der Windung des Knochens an sich (d. h. in der äussern Knochenform).

IV. Die Gesichtsknochen.

An den Gesichtsknochen wiederholen sich die bei den Schädelknochen beleuchteten Einstülpungen in weit grösserer Zahl. Es würde zu weit führen, jeden einzelnen Knochen gesondert zu besprechen. Sowohl bei dem Menschen als bei sämtlichen Tieren, deren Knochen zu untersuchen ich Gelegenheit hatte, bewährt sich der Satz, „dass alle nicht eingestülpten Knochen und Knochenteile homodrom, alle eingestülpten antidrom gedreht sind.“

Der paarig angelegte Vomer und der Zwischenkiefer sind rechtsseits linksspiralig, linkerseits rechtsspiralig gedreht. Man braucht nur die Art und Weise, wie der Vomer an der Schädelbasis ansitzt, genauer in's Auge zu fassen, um zu dieser Ueberzeugung zu gelangen. Ferner kann man den Nachweis führen, dass die rechten oberen Schneidezähne des Menschen aus linksgewundenen Alveolen, die linken aus rechtsgewundenen Alveolen hervorkommen.

Der Oberkiefer ist in seiner äussern Gesichtsfäche und dem Processus zygomaticus, sowie im Alveolarfortsatz richtig gedreht; sodass auch sämtliche Oberkieferzähne des Menschen aus homodrom gedrehten Alveolen hervorkommen. Die Augenhöhlenfläche, Nasenfläche samt unterer Nasenmuschel, der Sulcus lacrymalis, sowie auch das ganze Thränenbein und der Thränenkanal, ferner der ganze Nasenfortsatz und Gaumenfortsatz des Oberkiefers sind antidrom gedreht. Wie sich die innere Wand der Highmorshöhle verhält, konnte ich bisher nicht feststellen.

Die langen sogenannten Hautzähne mancher Tiere, z. B. des Ebers, zeigen oftmals antidrome Drehung. Wie sich in solchen Fällen die Zahnwurzel verhält, konnte ich nicht feststellen; möglicherweise ist letztere richtig gedreht oder aber es kommt schon hier durch den Einfluss der antidromen Teile des Oberkiefers, besonders der Orbitalplatte, zur Antidrome.

Beiläufig führe ich hier noch einige Thatsachen an, welche die Wachstumsdrehung der Zähne beweisen. Die Zahnwurzeln kommen in vielen Fällen in richtigen Spiralen aus den Alveolen heraus und sind sogar manchmal umeinander torquiert. Schwann¹⁾ sagt von den Zahnschmelzprismen, dass sie ungefähr senkrecht auf der Oberfläche der Substantia propria des Zahnes stehen und in kleinen Biegungen nach aussen verlaufen. — Krause²⁾ erwähnt, dass die Zahnröhrchen des Menschen zahlreiche kleine spiralförmige theils rechts-, theils linksgewundene Biegungen machen; dass die Dentinröhrchen sehr steile Spiralen darstellen; dass die Dentinscheiden spiralig torquiert sind, dass die in ihnen liegenden Dentinfasern alle Windungen mitmachen; dass die Zahnschmelzprismen windschief auf der Substantia propria stehen. — Ich selbst habe mich an zahlreichen Zähnen von Raubfischen davon überzeugt, dass auch bei ihnen die Zahnröhrchen sämtlich spiralig gewunden sind.

Das Jochbein lässt in seinem Körper die Drehung nicht deutlich erkennen; von seinen Fortsätzen ist der Arcus zygomaticus richtig, der Stirnkeilbeinfortsatz sowie die zur Augenhöhle gehörige Fläche antidrom gedreht.

Die Nasenbeine sind homodrom, die Nasenmuscheln, das Siebbeinlabyrinth und dessen Lamina papyraea antidrom gedreht.

Die Drehung der genannten Knochen verrät sich bald durch die spiralige Krümmung des Knochens an sich (Jochbogen, Stirnfortsatz des Joch-

1) Th. Schwann, Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen, mit 4 Kupfert. Berlin 1839, S. 118.

2) W. Krause, S. 183 f. s. Werkes.

beins, Nasenfortsatz des Oberkiefers, Zahnwurzeln, Thränenbein, Nasenbein), bald durch die spiralige Drehung ihrer Flächen (*Lamina papyracea* des Siebbeins, Nasenfortsatz des Oberkiefers), bald durch den Verlauf der Knochenfasern und der Balkensysteme der *Spongiosa* (Oberkieferkörper, Gaumenfortsatz des Oberkiefers, Knochenfaserung in der Orbita, Gaumenbein). Geht man an die Untersuchung foetaler menschlicher Knochen, und ferner an diejenige der entsprechenden Tierknochen, so schwindet jeder Zweifel. Das foetale menschliche Gaumenbein, der Gaumenfortsatz des foetalen Oberkiefers, die foetalen Nasenmuscheln und der foetale Thränennasengang sind so prachtvoll antidrom gedreht, dass man auf den ersten Blick Klarheit gewinnt. Dasselbe gilt vom Gaumenbein des Rehes, von den Gaumenknochen der Reptilien und Fische u. s. w. Die Gaumenplatte des Oberkiefers zeigt bei *Cervus capreolus*, *Canis lupus* und vielen anderen schon der äussern Krümmung nach die antidrome Windung, während die homodrome Drehung des Nasenbeins bei *Capra hircus* sofort in die Augen fällt.

Höchst interessant ist es, bei den Fischen zu beobachten, wie sich von der Umrandung der Schnauze an nach der Mundhöhle fortschreitend sofort die Spirale umdreht. Während die äusseren Deckknochen homodrom gedreht sind, sind die eingestülpten Knochen samt den aufsitzenden Zähnen, den Kiemenknochen mit samt ihren Kiemen antidrom gedreht. Die Antidrome dieser Knochen lässt sich durch das Gesicht und das Gefühl sofort feststellen. Mit der Kiemeneinstülpung der Fische werden auch die multipel vorhandenen, entwicklungsgeschichtlich zum 2. Kiemenbogen gehörigen, zum Teil sehr feinen Knochen der vorderen Halsgegend miteingestülpt. Auch sie sind deshalb antidrom gewunden. In diesem Verhalten bewundern wir die eiserne Konsequenz der Natur und die Gesetzmässigkeit ihrer Schöpfungen. Wie lehrreich ist die Beobachtung, dass die auf den rechtsspiralig gebogenen Kiemenknochen des Wallfisches aufsitzenden Kiemen so prachtvoll rechtsspiralig gewunden sind, und dass dieselbe Spiralwindung sogar den Kiemenhaaren zukommt! Um so weniger zweifelhaft erscheint es mir, dass auch die bei den Labyrinthbranchien vorkommenden gewundenen lamellenartigen Vorsprünge, welche Modifikationen der Kiemenbögen sind und durch welche ein über den Kiemen gelegener Abschnitt hergestellt wird (*Anabas*, *Polyacanthus*), ferner aber auch die Kiemenschnecke mancher Clupeiden, welche aus einem spiralig gewundenen, als Ausstülpung der obern Rachenschleimhaut erscheinenden Schlauche besteht, die entsprechend richtige spiralige Windung besitzen.

Der Unterkiefer des Menschen ist homodrom gedreht. Im Halse und im Ast dieses Knochens ist die Drehung am ausgesprochensten und nimmt nach vorn zu ab. In der vordern Mittellinie kann durch den Druck von rechts und links her ein Stillstand oder eine Umkehr der Drehung eintreten. Aber auch im Gelenkkopf des Unterkiefers ist die richtige spiralige Drehung ohne weiteres zur Anschauung zu bringen, wenn man die Balkensysteme der *Spongiosa* blosslegt. An den Zahnwurzeln und Zahnalveolen

des Menschen ist gleichfalls richtige Drehung gegeben. Der Processus coronoideus ist zuweilen leicht antidrom gedreht. Die Gelenkfläche des Unterkiefers zeigt in vielen Fällen eine ganz deutliche homodrome spiralige Windung, welche alsdann auch in der zugehörigen Hohlschraube, der Fossa glenoidalis des Schläfenbeins vorhanden ist.

Bei manchen Tieren wird durch den Zusammenstoss beider Unterkieferhälften in der vordern Mittellinie die Wachstumsdrehung antidrom. Sehr lehrreich gestaltet sich dieses Verhältnis am Unterkiefer der Wiederkäuer, wo die Umkehr der Spirale durch eine scharf aufgeworfene Kante an der Innenfläche des Knochens markiert wird. Die Antidrome erstreckt sich wesentlich auf den Bereich der Schneidezähne. Bei anderen Tieren, z. B. *Sus scrofa* wird der ganze Körper des Knochens und somit auch sein Alveolarfortsatz samt den Zähnen antidrom.

Die spiralige Windung der Gelenkfläche des Unterkiefers ist beim Alligator sehr ausgesprochen und die Bewegungen im Kiefergelenk müssen bei ihm unbedingt schraubenartige sein. Wiederum bei anderen Tieren, z. B. bei *Macrolemmys Temminki* findet sich statt der Fossa glenoidalis des Schläfenbeins ein langer Gelenkfortsatz mit prachtvoll spiraliger Windung seiner Gelenkfläche.

Die eigentümliche spiralige Windung, welche der Canalis alveolaris inferior und die durch ihn hinziehenden Gefässe und Nerven mit dem Unterkiefer beschreiben, deuten auf eine Wachstumsdrehung nicht nur der Knochen, sondern auch der um sie herumgelagerten Weichteile hin.

Das Zungenbein des Menschen zeigt in seinem Körper und seinem grossen Horn in der Regel homodrome Drehung. Das grosse Horn ist zuweilen auch antidrom gedreht, was vielleicht seine Erklärung darin findet, dass die Zunge, wie wir später sehen werden, vollständig antidrom gedreht ist. An dem kleinen Zungenbeinhorn ist die Drehung wegen der Kleinheit des Knochenteiles schwer zu bestimmen.

V. Die oberen Gliedmassen.

a) Das Schulterblatt.

In den Figuren 4 und 6 habe ich gezeigt, dass an dem menschlichen Schulterblatt eine Drehung sowohl in kleinen Distrikten als im grossen und ganzen gegeben ist. Die erstere zeigt sich in den Faserwirbeln (Fig. 4), deren man an manchen Schulterblättern (so z. B. an den Präparaten 66 und 133 der anatomischen Sammlung) mehr als ein Dutzend zählen kann. Die Drehung der innern und äussern Fläche des Schulterblatts gegeneinander ist in Fig. 6 erläutert. Die Spina scapulae des Menschen ist homodrom gedreht, ebenso der Processus coracoideus.

Bei manchen Tieren verrät sich die spiralige Wachstumsdrehung des Schulterblattes schon durch dessen äussere Form. So ist z. B. die Scapula von *Cervus capreolus*, ferner diejenige der Schildkröten analog gewunden wie die Darmbeinschaukel des Menschen. Die Spina scapulae ist bei den meisten Tieren noch viel schöner gewunden als beim Menschen, am schönsten fand ich sie bei *Pithecus satyrus* und *Canis lupus*. Es fehlt jedoch auch nicht an Beispielen, wo die Spina scapulae und der Processus coracoideus leicht antidrom, wenigstens der Faser nach, gedreht sind. Ich glaube, dass diese Antidrome im spätern Wachstum zustande kommt.

Im Schultergelenk der Tiere besteht offenbar eine schraubenartige Mechanik. Die Schultergelenkpfanne bildet für sich oder im Verein mit der Clavicula die Hohlschraube, der Humeruskopf die Vollschrabe, welche rechterseits links gewunden, linkerseits rechts gewunden ist; die Schraubensteigung ist vorn stärker und nimmt nach hinten zu ab. Diese Andeutung schraubenartiger Funktion fehlt im Schultergelenk des Menschen, weil dieses Gelenk nach allen Richtungen hin beweglich ist. Die Schultergelenkpfanne des Menschen zeigt stets eine leichte spiralige Windung.

b) Das Schlüsselbein.

Das Schlüsselbein des Menschen ist sowohl seiner äussern Form, als seinen Flächen, als seiner Faserung, als seiner innern Architektur nach ein antidrom gedrehter Knochen. Diese Antidrome ist jedoch ursprünglich nicht vorhanden, wie dies der foetale Knochen in seinen frühesten Stadien zeigt; sie kommt erst später zustande in analoger Weise wie an den Dornfortsätzen der Wirbel und am Unterkiefer der Wiederkäuer durch Druck von rechts und links her, indem der schlanke Knochen zwischen Schulterblatt und Brustbein eingeklemmt ist.

Bei manchen Tieren ist das Schlüsselbein verhältnismässig kräftiger als beim Menschen, so bei Affen (*Pithecus*). Bei anderen ist dasselbe umgekehrt noch viel schlanker als beim Menschen, so z. B. bei den Vögeln. Bei letzteren findet man die schlanke dem Schlüsselbein analoge Furcula der Form, Fläche und Faserung nach noch viel stärker antidrom gedreht als das menschliche Schlüsselbein, während bei *Pithecus* die Antidrome kaum nachweisbar ist oder fehlt. Bei denjenigen Vögeln, deren Flügel wenig gebraucht werden (Schwimmvögel), ist die Furcula in der Regel homodrom.

Das Akromialgelenk des Schlüsselbeins ist meist leicht spiralig im richtigen Sinne gewunden.

c) Das Oberarmbein.

Das Oberarmbein des Menschen besitzt der Form, den Flächen, der Faserung, der innern Architektur und der Spaltbarkeit nach die homodrome Drehung. Von den genannten Zeichen der Drehung ist das erstgenannte (Form) am wenigsten ausgesprochen, gleichwohl ist es vorhanden und das Oberarmbein wird von den Anatomen als ein schwach „nach innen und vorn

gewundener länglicher Knochen“ beschrieben. Bei den Carnivoren pflegt der Knochen weit mehr gekrümmt zu sein.

Die Drehung ist bereits im Oberarmkopf deutlich nachweisbar, ist im Tuberculum majus und minus vorhanden, setzt sich durch die ganze Diaphyse hindurch fort und geht bis zum untern Ende des Knochens mit einer annähernd gleichförmigen Spiralensteigung. Der Winkel dieser letztern ist für die auf der Knochenoberfläche verlaufenden Knochenfasern an verschiedenen Präparaten und in geringem Grade auch an verschiedenen Stellen desselben Präparates verschieden; im allgemeinen dürfte er zwischen 82^0 und 87^0 schwanken. Je jünger der zu untersuchende Knochen ist, um so regelmässiger und gleichförmiger ist die Spiralensteigung an seinen einzelnen Stellen. Foetale Knochen geben deshalb ein wunderschönes Bild der Wachstumsdrehung nicht nur mit Bezug auf das spiralige Eindringen des grossen Ernährungslochs der Diaphyse, sondern auch mit Bezug auf die Knochenfaserung, zumal der foetale Knochen in seinem Diaphysenteil noch die rundliche Form besitzt, welche erst später in die kantige oder Flächenform übergeht.

Beide Epicondyli zeigen die homodrome Drehung und auch in der Trochlea ist letztere mit voller Klarheit zu erkennen.

Die richtige (homodrome) Drehung findet sich bei allen Wirbeltieren deutlich vor, am prachtvollsten fand ich sie bei den Robben (*Monachus albiventer*), *Capra hircus* und bei foetalen Kalbsknochen.

Callusmassen nach Brüchen des Oberarmbeins, Knochenneubildungen in Folge chronisch entzündlicher Vorgänge besitzen stets eine deutliche, der entsprechenden Stelle des normalen Knochens analoge Drehung.

Die Axendrehung des Oberarmbeins ist seit mehr als 130 Jahren von den Anatomen, namentlich von den vergleichenden Anatomen und Zoologen untersucht und beschrieben. Bertin (1754), Lecat (1768), Winslow (1775), Sabatier (1774), Soemmering (1794), Bichat (1801 und 1823), Boyer (1803), Barclay (1824), Meckel (1816 und 1825), J. Cloquet (1825), H. Cloquet (1828), Lauth (1829), Blandin (1838), O. Ward (1838), Estor (1840), Cruweilhier (1843), Holmes Coote (1849), Jamain (1853), Sappey (1853), Henle (1845), Ch. Martins (1857)¹⁾, Gegenbaur (1868)²⁾, Arens (1869)³⁾, Albrecht (1875)⁴⁾ u. A., ferner sämtliche einschlägigen Lehr- und Handbücher neuerer und neuester Zeit handeln, zum Teil sehr ausführlich, über diesen Gegenstand. Man suchte auf dem Wege vergleichenden Studiums den Bau der oberen und unteren Gliedmassen auf

1) Ch. Martins, Nouvelle comparaison des membres pelviens et thoraciques chez l'homme et chez les mammifères déduite de la torsion de l'humerus, in den Annales des sc. nouvelles, 4me série, Zoologie, Tome VIII, Paris 1845 p. 45—110, avec 2 Planches.

2) C. Gegenbaur, über die Drehung des Humerus, in der Jenaischen Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaft, Bd. 4, H. 1. 1868, S. 50—63 mit 1 Tafel.

3) J. Arens, das Oberarmbein der Säugetiere. Dissert. Bonn 1869, 32 S. 1 Taf.

4) P. Albrecht, Beitrag zur Torsionstheorie des Humerus und zur morphologischen Stellung der Patella in der Reihe der Wirbeltiere, Dissert. Kiel 1875.

dieselben Entwicklungsgrundlagen zurückzuführen, und hatte hierbei mit der Hauptschwierigkeit zu kämpfen, das Ellenbogen- und Kniegelenk als analog aufzufassende Gelenke in Uebereinstimmung zu bringen. Wie kommt es, fragte man, dass das Ellenbogengelenk sich nach vorn, das Kniegelenk sich nach hinten öffnet? Entspricht die Ulna der Tibia oder Fibula? u. s. w. Die Ansicht, welche Martins in seiner Abhandlung vom Jahre 1857, in welcher auch alle vorangegangenen litterarischen Werke und die Ansichten der verschiedenen Autoren berücksichtigt sind, wiedergibt, nämlich dass der Humerus ein im Vergleich zum Femur um 180^0 gedrehter, bei einigen Wirbeltieren um 90^0 gedrehter Knochen sei, ist bis in die neueste Zeit hinein von den Meisten festgehalten worden. Martins sagt unter anderm, der Humerus sei der einzige unter allen Röhrenknochen, dessen Körper schraubenförmige Axendrehung besitze. Bichat, sein Vorfahre, hätte ihn hierüber eines Besseren belehren können. Sodann sagt Martins, nur der untere Teil der Diaphyse des Humerus besitze diese schraubenförmige Drehung, die übrigen Teile des Knochens zeigten keine reelle, sondern nur eine virtuelle Drehung. In trivialer Weise hilft er sich weiter über die metaphysischen Schwierigkeiten hinweg; der foetale Knochen zeige keine Spur einer Torsion; letztere sei als scheinbare erst beim 1 Jahre alten Kinde zu erkennen, trage jedoch alle Konsequenzen einer reellen Torsion an sich; für den Beobachter, heisst es weiter, sei es eine höchst gleichgiltige Sache, ob diese Torsion eine reelle oder scheinbare sei, vorausgesetzt, dass alle Konsequenzen der Drehung existieren u. s. w. Und diese Martins'sche Philosophie findet heute noch Vertreter in der Wissenschaft! Sonderbarer Weise haben Martins und die späteren Forscher sich auf das Studium der äusseren Kanten und Flächen des Humerus beschränkt, um die Torsionsfrage zu lösen. Gegenbaur hat zwar die irrige Behauptung, der foetale Humerus sei nicht torquiert, richtig gestellt, auch hat er dem Femur eine Drehung zuerkannt, welche von Martins geläugnet wird. Hätte man den innern Bau des Knochens mit in den Bereich der Untersuchung genommen, so wäre man nicht nur zu der Ueberzeugung gelangt, dass vom obersten bis zum untersten Ende des Humerus Wachstumsdrehung obwaltet, sondern man würde auch gefunden haben, dass diese Drehung durch alle Axen, längsgerichtete, quere und schräge hindurchgeht; man wäre alsdann unwillkürlich an die Untersuchung auch der übrigen Knochen gegangen, um nach analogen Drehungen zu suchen. Statt dessen haben die Anhänger der Martins'schen Anschauung, oder, wie Götte sie bezeichnet, der radio praeaxialen Torsion des Humerus zwar daran gedacht, den Vergleich zwischen Ellenbogen- und Kniegelenk zu erleichtern, sie haben jedoch übersehen, welchen fabelhaften Zwang sie dem vergleichenden Forscher anlegen, indem sie ihm zumuten, das nicht oder fast nicht gedrehte Oberschenkelbein mit dem in der Natur einzig dastehenden angeblich um 90^0 oder 180^0 gedrehten Oberarmbein in eine Parallele setzen zu müssen. Nicht nur das Oberschenkel- und Oberarmbein, nicht nur die langen Röhrenknochen, sondern alle Knochen besitzen ihre Wachstumsdrehung vom ersten Anfang

ihres Entstehens an, die Drehung ist in der untern Extremität, d. h. vom Beckengürtel bis zur Fussspitze hinab ebenso deutlich nachweisbar, als im Humerus und allen anderen Knochen. Und wenn an der obern Extremität die Wachstumsdrehung bis zum untern Ende des Humerus nur so weit gelangt ist, dass die Streckseite des Ellenbogengelenkes, wie dies die normale Stellung ist, nach aussen und etwas nach hinten gerichtet ist, so wird am Vorderarm das Fehlende durch Uebereinanderkreuzen des Radius und der Ulna nachgeholt. Somit muss auch die Pronationshaltung, bei welcher die Hand mit ihrer Volarfläche so auf den Boden gesetzt wird, dass die Daumen nach innen nebeneinander zu liegen kommen, als die natürliche Haltung der menschlichen Hand erscheinen, eine Haltung, welche den Säugetieren, denen das Rotationsgelenk des Radius fehlt, eigentümlich ist.

Die Trochlea humeri besitzt schraubenartige Windung und zwar haben wir an der rechten Trochlea die linksgewundene, an der linken die rechtsgewundene Schraube. Die Schraubenspindel ist nicht genau cylindrisch, sondern sie spitzt sich nach dem äussern Condylus hin nach Art eines abgestutzten Kegels zu; auch liegt sie nicht genau horizontal, sondern steigt nach dem äussern Condylus zu ein wenig an. Die Schraubensteigung ist an der hintern Fläche steiler, der Steigungswinkel der ausgewachsenen Trochlea mag dort 20^0 — 30^0 betragen; nach vorn zu nimmt die Schraubensteigung ab und kann an der Fovea anterior beinahe gleich Null werden. Die Schraubensteigung mit Linkswindung der rechten Trochlea humeri ist in Figur 16 dargestellt.

Legt man durch Entfernung des Gelenkknorpels und der oberflächlichsten Knochenschicht die Balkensysteme der Spongiosa an der Trochlea humeri bloss, so kann man an diesen ebenfalls die richtige spirale Windung nachweisen.

Die Fossa sigmoidea major der Ulna stellt die zu der genannten Schraubenspindel gehörige Schraubenmutter dar. Man erkennt auch an ihr auf den ersten Blick die richtige spirale Windung.

Die schraubenartige Mechanik des Ellenbogengelenkes ist, wie mir scheint, zuerst von Langer¹⁾ hervorgehoben worden, welcher über die schiefe Gangrichtung in diesem Gelenk geschrieben hat. G. Meissner²⁾ hat genaue Messungen über die Höhe der Ellenbogenschraube, d. h. über deren Schraubensteigung, angestellt. Henke³⁾ handelt von der schraubenartigen Mechanik des Ellenbogengelenks ganz ausführlich und bezeichnet in Uebereinstimmung mit obiger Beschreibung die Schraube im rechten Ellenbogengelenk als eine rechtsgewundene, indem er, entgegengesetzt unserer Voraussetzung, den gebräuchlichen Korkzieher als „linksgewunden“ bezeichnet. In neuerer Zeit haben die meisten Anatomen die schraubenartige Mechanik des Ellenbogengelenks anerkannt.

1) Siehe C. Langer, Wiener Sitz.-Berichte mathem.-naturw. Kl. vom Jahr 1855 ab. Bd. 32, 39. Derselbe, Denkschriften der Akademie zu Wien Bd. XII, XVI, XVIII.

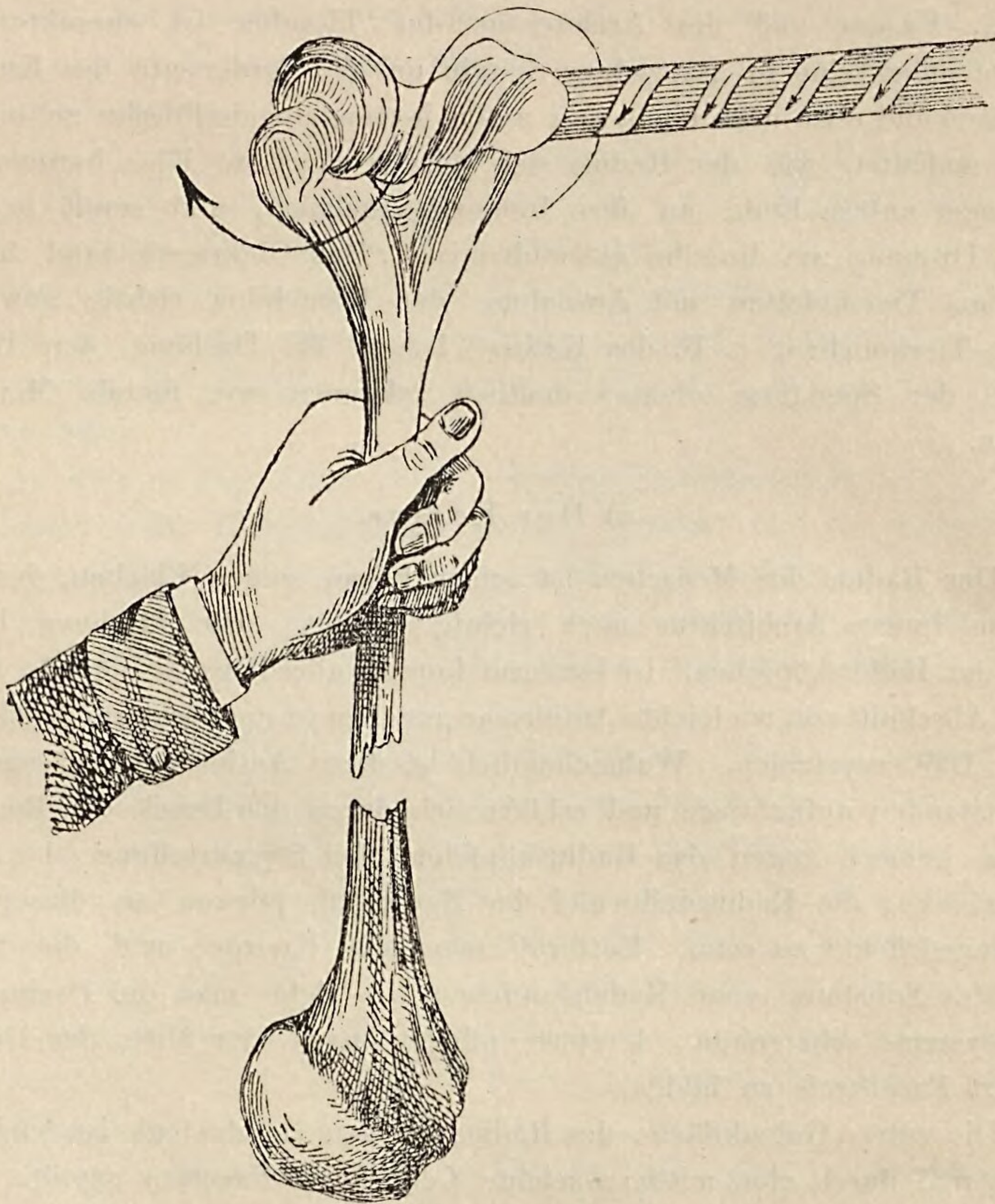
2) G. Meissner, siehe Bericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie 1856.

3) Henke, S. 145 ff. s. Werkes. 1863.

Es versteht sich von selbst, dass das Radiusköpfchen bei den schraubenartigen Bewegungen der Ulna um die Trochlea humeri mitgeht, und dass das Radiusköpfchen somit ebenfalls schraubenartig auf seinem Humerusgelenkteil, der Eminentia capitata, hin und hergleitet. Letztere zeigt in der That in vielen Fällen Andeutungen einer schräg von vorn und innen nach aussen und hinten verlaufenden ganz flachen Rinne.

Bei den meisten Säugetieren, ganz besonders bei den Raubtieren, zeigt sich die schraubenartige Beschaffenheit des Ellenbogengelenks viel schöner ausgeprägt als beim Menschen. Auch hier ist die Schraubensteigung an der hintern Fläche steiler als an der vordern.

Fig. 16.



Rechter Humerus mit seiner hintern Fläche gegen eine linksgewundene Spirale gehalten, um die Linkswindung der Trochlea humeri zu zeigen.

d) Die Ulna.

Die menschliche Ulna ist der äussern Form, den Flächen, der Faserung, der Architektur und der Spaltbarkeit nach ein homodrom gedrehter Knochen. Auch bei ihr ist das zuerst genannte Zeichen (die Form) am wenigsten in die Augen fallend. Die Drehung ist in der Diaphyse wie in

den Epiphysen, dem Olekranon, dem Processus coronoideus und styloideus deutlich kenntlich. Die foetale menschliche Ulna zeigt die Drehung ganz prachtvoll. Zuweilen findet im Olekranon eine leicht antidrome Drehung statt, die ich mir als nachträglich durch den Zug des Musculus triceps entstanden denke. Dass die Cavitas sigmoidea major richtig gewunden sei, ist oben bereits gesagt. Aber auch die Cavitas sigmoidea minor ist deutlich spiralig gewunden.

Die Krümmung der Ulna ist bei den meisten Tieren eine viel deutlichere als beim Menschen, und an der Tierulna kann man auf den ersten Blick erkennen, dass sie die richtige Spiralkrümmung hat. Als Beispiele nenne ich die Ulna der Raubtiere und der Robben. Aber auch die Kanten, Flächen, Fasern und die Architektur der Tierulna ist charakteristisch. Letztere pflegt eine in gestreckter Spirale um die Vorderseite des Knochens von aussen und oben nach innen und unten herumgehende Furche zu besitzen, welche andeutet, wie der Radius sich spiralig um die Ulna herumschlägt, mit seinem untern Ende an ihre Innenseite gelangt, und somit in homodromer Drehung um dieselbe gewunden ist. Das Olekranon fand ich bei sämtlichen Tierskeletten mit Ausnahme der Kamelulna richtig gewunden. Foetale Tierknochen, z. B. des Kalbes, lassen die Drehung der Balkensysteme der Spongiosa ebenso deutlich erkennen wie foetale Menschenknochen.

e) Der Radius.

Der Radius des Menschen ist seiner Form, seinen Flächen, der Faserung und innern Architektur nach richtig gedreht. Die Drehung beginnt bereits im Radiusköpfchen. In letzterm kommt allerdings eine Stelle in dem hintern Abschnitt vor, wo leichte Antidrome gegeben ist und zwar am deutlichsten an den Balkensystemen. Wahrscheinlich ist diese Antidrome als nachträglich entstanden aufzufassen und erklärt sich durch den Druck der Eminentia capitata humeri gegen das Radiusköpfchen bei Streckstellung des Ellenbogengelenks; die Radiusdelle und der Radius Hals pflegen an dieser Stelle „wie eingedrückt“ zu sein. Entfernt man den Knorpel und die Schicht kompakter Substanz vom Radiusköpfchen, so sieht man die Drehung der Balkensysteme sehr schön; letztere pflegen nach der Mitte der Delle zu eine Art Faserkreis zu bilden.

Die untere Gelenkfläche des Radius an dem Handgelenk ist leicht ausgehöhlt und durch eine mittlere seichte Leiste in 2 Facetten geteilt. Diese Leiste liegt nicht genau sagittal, sondern sie ist bei der Pronationsstellung mit ihrem hintern Ende etwas nach innen, mit ihrem vordern Ende etwas nach aussen gerichtet. Offenbar entspricht diese Leiste der Trennungsfurche zwischen den zum Handgelenk gehörigen Ossa naviculare und lunatum. Fasst man das Handgelenk analog dem Fussgelenk als ein Gelenk mit schraubenartiger Mechanik auf, so wäre die Gelenkfläche des Radius die Hohlschraube, diejenige der 3 ersten Handwurzelknochen die zugehörige

Vollschraube, und wir hätten dann wiederum am rechten Handgelenk eine linksgewundene, am linken eine rechtsgewundene Schraube vor uns.

Die Wachstumsdrehung des Radius ist bei den meisten Tieren ebenso schön oder gar schöner ausgeprägt als beim Menschen. Am prachtvollsten fand ich sie am Radius der Raubtiere.

f) Die Handwurzel.

Sämtliche acht Knochen der menschlichen Handwurzel besitzen Wachstumsdrehung, mag man jugendliche oder ausgewachsene Knochen zur Untersuchung wählen. Es ist jedoch nicht immer möglich, an jedem einzelnen Knochen den exakten Nachweis zu führen, dass der rechtsseitige Knochen linksspiralig, der linksseitige rechtsspiralig ist. Am klarsten erkennt man die Drehung an den 3 grössten Handwurzelknochen, den Ossa naviculare, capitatum und hamatum.

Das os naviculare ist der Form, den Flächen, der Faserung und der innern Architektur nach richtig gedreht. Auch seine Gelenkflächen zeigen sämtlich spiralige Windung im homodromen Sinne.

Das os lunatum ist ein von allen Seiten so zusammengedrückter Knochen, dass man die Art der spiraligen Drehung schwer bestimmen kann. Seine Gelenkflächen sind sämtlich spiralig gewunden und zwar in der Regel im richtigen Sinne.

An dem os triquetrum ist die spiralige Wachstumsdrehung nicht genau bestimmbar; seine Gelenkflächen zum os lunatum und os pisiforme sind homodrom, diejenige zum os hamatum antidrom gewunden.

Das os pisiforme ist seiner innern Architektur nach richtig gedreht; auch seine Gelenkfläche zum os triquetrum zeigt die richtige spiralige Drehung.

Am os multangulum majus ist die Art der Drehung unbestimmbar. Seine kleine Gelenkfläche zum os naviculare pflegt die richtige Windung zu besitzen, ebenso diejenige zum zweiten Mittelhandknochen; dagegen ist diejenige zum os multangulum minus antidrom. In dem sogenannten Sattelgelenk zum ersten Mittelhandknochen sind offenbar Andeutungen einer richtig gedrehten Schraube vorhanden. Vollschraube ist der erste Mittelhandknochen, Hohlschraube die Gelenkfläche des os multangulum majus, die Schraubensteigung ist hinten auf der Rückseite stärker und nimmt nach vorn zu allmählich ab.

Am os multangulum minus ist die Art der spiraligen Drehung unbestimmbar. Von den Gelenkflächen ist diejenige zum os multangulum majus und capitatum antidrom, diejenige zum os naviculare homodrom, diejenige zum zweiten Mittelhandknochen zeigt, so gering auch die wirklichen Bewegungsexkursionen sein mögen, die Andeutung einer richtig gewundenen Schraube. Vollschraube ist die Gelenkfläche des os multangulum minus.

Das os capitatum ist seiner innern Architektur nach richtig gedreht. Sein Köpfchen trägt einen kleinen von vorn und innen nach hinten und

etwas nach aussen verlaufenden First, welcher zwischen die ossa naviculare und lunatum fällt. Hierdurch kommt wiederum die Andeutung einer richtig gewundenen Schraube zustande, deren Vollschraube das Köpfchen des os capitatum ist. Die Gelenkflächen zum os lunatum und dritten Mittelhandknochen sind antidrom gedreht.

Das os hamatum ist seiner innern Architektur nach ein homodrom gedrehter Knochen, nur der Hamulus des erwachsenen Knochens zeigt leicht antidrome Drehung. Die Gelenkflächen zum os triquetrum und capitatum sind antidrom und zwar so schön, dass man nur einen Blick auf dieselben zu werfen braucht, um an der Art der spiraligen Drehung sofort zu erkennen, ob man es mit einem rechten oder linken Knochen zu thun hat. Die Gelenkfläche zum vierten und fünften Mittelhandknochen zeigt die Andeutung einer richtig gedrehten Schraube.

g) Die Mittelhand- und Fingerknochen.

Sämtliche Mittelhandknochen besitzen spiralige Drehung, welche sich an schön gereinigten Knochen schon durch den Verlauf der Knochenfasern zu erkennen gibt. Trägt man mittels der Laubsäge die oberflächliche Schicht kompakter Substanz ab, sodass die Spongiosa zutage tritt, so wird man zu der Ueberzeugung gelangen, dass die Drehung der Mittelhandknochen in der Regel eine homodrome ist. Freilich sind diese Verhältnisse an menschlichen Knochen weniger deutlich als an den Metacarpi der Tiere. So fand ich die Metacarpi des Alligator, der Robben, der Schildkröten, der grossen Raubtiere und der Affen sehr deutlich homodrom gedreht.

Von den Knochen der Finger gilt dasselbe wie von den Mittelhandknochen, jedoch wird nach den Fingerspitzen zu die Drehung immer unkenntlicher.

Die sogenannten Charniergelenke zwischen den Fingerphalangen scheinen in der Mehrzahl der Fälle Andeutungen einer Schraube zu besitzen und zwar mit homodromer Windung; denn die Leiste des Charniers und ebenso die zugehörige Rinne verlaufen nicht in genau sagittaler Richtung, sondern sie streben von hinten nach vorn und etwas nach aussen zur Volarseite und gehen somit leicht schraubenförmig um die frontal gestellte Gelenkfläche herum. Die distale Gelenkfläche der obern Phalanx wäre als die Vollschraube, die proximale der untern Phalanx als die zugehörige Hohlschraube aufzufassen; die Schraubensteigung ist hinten (dorsal) stärker und nimmt nach vorn zu ab. Dass die Gelenkflächen der Fingergelenke, im Profil betrachtet, keine Krümmung mit überall gleichem Radius besitzen, hat Meyer¹⁾ behauptet; nach ihm soll der Krümmungsradius hinten kleiner sein als vorn, sodass die Krümmungslinie fortgesetzt eine eingerollte Spirale bilden würde. Die schraubenartige Mechanik des Gelenks zwischen os naviculare und lunatum ist bereits von Henke²⁾ betont.

1) H. Meyer, Physiologische Anatomie S. 42, 106.

2) Henke, S. 176 und Taf. 4, Fig. 8 s. Werkes.

Aus den vorangegangenen Schilderungen der an den Knochen der oberen Gliedmassen beobachteten Drehungen geht mit voller Klarheit hervor, dass hier ein allgemeines Princip des Wachstums vorliegt, dass mit andern Worten das Skelettwachstum der oberen Gliedmassen nach den Gesetzen der Schrauben- und Spirallinien vor sich geht. Beobachtet man die eigentümliche Krümmung, in welcher beim ganz jungen Embryo die oberen Glieder nicht nur, sondern auch die unteren, aus dem Körper hervorwachsen, so gewinnt man unwillkürlich den Eindruck, als ob dieses Hervorwachsen in Form einer Spirale statthabe. Schon an der kaum 1 Zentimeter langen rechten Extremität erkennt man die linksgewundene, an der linken die rechtsgewundene Spirale.

Die unteren Gliedmassen.

a) Das Hüftbein.

Das menschliche Hüftbein ist ein in allen seinen Teilen homodrom gedrehter Knochen.

1) Die Darmbeinschaukel ist rechterseits linksspiralig gewunden u. s. w. Hierdurch erklärt sich die S-förmige Ausschweifung derselben, welche besonders schön am Hüftbeinkamm ausgesprochen ist. Die Drehungsaxe geht von der Mitte des Hüftbeinkammes zur Hüftpfanne hinab. Bei allen Tieren, deren Hüftbein ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, fand ich die S-förmige Ausschweifung in demselben Sinne wie beim Menschen. Wer eine prachtvoll der Form, den Flächen und der Faserung nach richtig gedrehte Darmbeinschaukel studieren will, der wähle diejenige des Känguruh. Dass ausser der angedeuteten Spiralaxe die Drehung des Hüftbeines sich auch noch in kleinern Distrikten geltend macht, ist im allgemeinen Teil erörtert.

2) Das Schambein ist sowohl beim erwachsenen Menschen als ganz besonders schön beim Foetus homodrom gedreht; während der ältere Knochen beim Zusammenstoss von rechts und links her an der Symphyse eine leichte Antidrome erhalten kann, ist der foetale Knochen sowohl in seinem horizontalen als absteigenden Teil von Anfang bis zu Ende homodrom gedreht. Am Schambein der Affen pflegt die Drehung noch auffallender zu sein als am menschlichen.

Der spiralige Verlauf der Furche an der untern Fläche des horizontalen Schambeinastes nötigt die Arteria und den Nervus obturatorius, ebenfalls den homodromen spiraligen Verlauf zu nehmen.

3) Das Sitzbein des Menschen ist in seinem absteigenden Aste höchst auffallend, im aufsteigenden weniger auffallend homodrom gedreht; an letzterm wird man die Drehung vermutlich ebenso deutlich sehen, wenn man foetale oder wenigstens so junge Knochen nimmt, dass der absteigende Schambeinast mit dem aufsteigenden Sitzbeinaste noch nicht vereinigt ist.

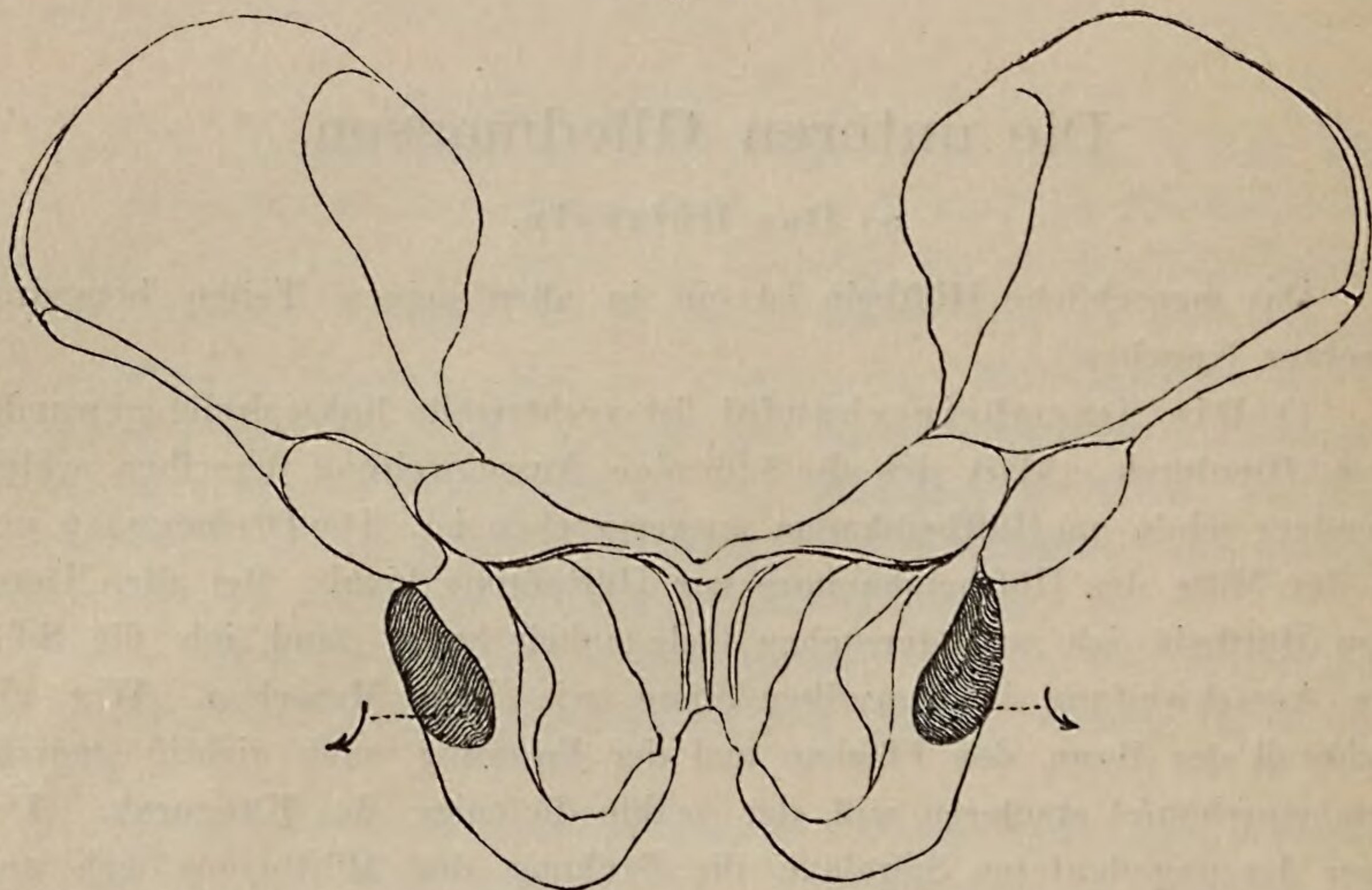
Höchst auffallend pflegt die Drehung des Sitzbeins sich am rhachitischen Becken zu zeigen, weil sie dort meist sehr erhöht ist.

Das Sitzbein des Pferdes und Kamels ist viel schöner gedreht als dasjenige des Menschen.

Von den Gelenkflächen des Hüftbeins ist die *Facies auricularis* zum Kreuzbein hin am erwachsenen Knochen bald homo-, bald antidrom gedreht; foetale Knochen zu untersuchen hatte ich bisher keine Gelegenheit. An den Gelenkflächen der Symphyse ist eine deutliche Drehung meist nicht nachweisbar.

Was nun die Hüftgelenkpfanne anlangt, so sind Andeutungen spiraligen Wachstums bei deren Entwicklung vorhanden. Die Hüftpfanne setzt

Fig. 17.



Jugendliches Hüftbein. Spiralige Windung im Sitzbeinteil der Hüftpfanne.

sich aus 3 Teilen zusammen, von denen je einer dem Scham-, Sitz- und Darmbein angehört. Betrachtet man eine foetale oder jugendliche Hüftpfanne, bevor die 3 Gelenkteile verschmolzen sind, so wird man an allen 3 Teilen spiralige Windung wahrnehmen. Am deutlichsten ist dieselbe am Sitzbeinteil, weniger deutlich am Darmbeinteil, am undeutlichsten am Schambeinteil. Selbst auch der nicht überknorpelte Teil der jugendlichen Hüftpfanne zeigt Andeutungen spiraliger Windung, welche sich von ihm auf das Ligamentum teres und von da auf den Schenkelkopf fortsetzt. In demselben Teile sind, wie schon früher bemerkt, Gefässkreise vorhanden.

b) Das Oberschenkelbein.

Das Oberschenkelbein ist in allen seinen Teilen homodrom gedreht, sowohl der Form, als den Flächen, als der Faser, als der innern Architektur, als endlich der Spaltbarkeit nach. Die Drehung beginnt bereits im Oberschenkelkopf mit grosser Deutlichkeit, sie setzt sich in den Schenkelhals

hinein fort, und geht mit einer annähernd gleichförmigen Spiralensteigung, in einem Steigungswinkel von etwa 85° der oberflächlichen Fasern des erwachsenen Knochens, zur untern Epiphyse hin. Aber selbst auch in den beiden Condyli femoris, im Trochanter major und noch deutlicher im Trochanter minor ist die richtige Drehung vorhanden.

An der obern hintern Fläche des Schenkelhalses und auch in der benachbarten Partie des Schenkelkopfs des Erwachsenen beobachtet man zuweilen einen Stillstand oder gar eine leichte Umkehr der Drehung sowohl an der Faserung als Architektur. Dies tritt mit Vorliebe bei Erweichungszuständen im Schenkelhalse oder auch bei abnormer Krümmung der Diaphyse nach stattgehabter Fraktur und dergl. ein. Die genannte Antidrome erklärt sich analog wie diejenige im Radiusköpfchen durch besondere Druckverhältnisse.

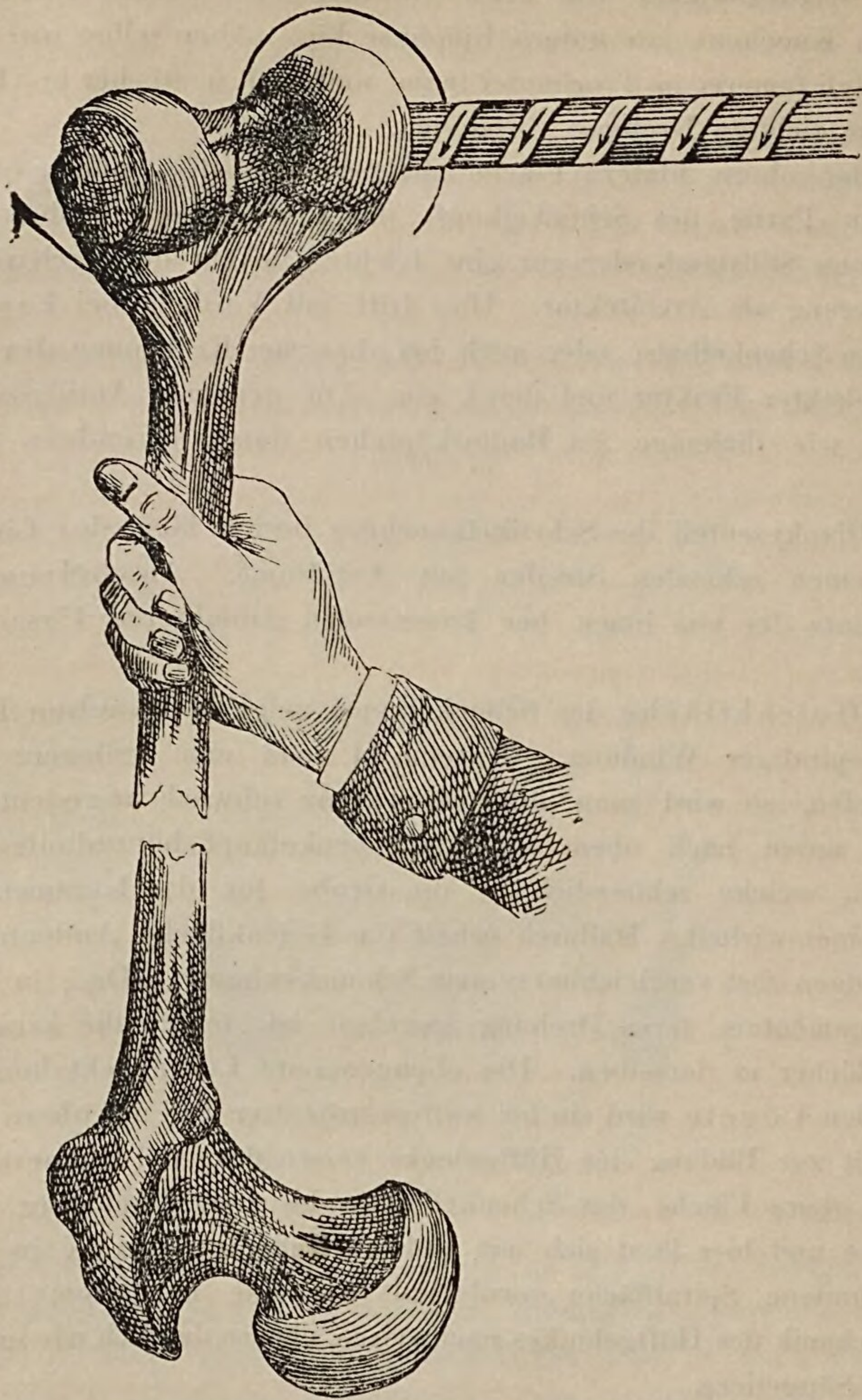
Der Diaphysenteil des Schenkelknochens besitzt längs der Linea aspera fast stets einen schmalen Streifen mit Antidrome. Anscheinend ist der schräge Ansatz der von innen her kommenden Adduktoren Ursache dieses Verhaltens.

Die Gelenkfläche des Schenkelkopfs zeigt in manchen Fällen Andeutungen spiraliger Windung. Untersucht man eine grössere Zahl von Schenkelköpfen, so wird man öfter eine ganz schwach angedeutete spiralförmig von unten nach oben um den Schenkelkopf herumlaufende Leiste wahrnehmen, welche schliesslich in die Grube für das Ligamentum teres gleichsam hineinwirbelt. Dadurch erhält die Gelenkfläche Andeutungen von Spiralwindungen fast vergleichbar einem Schneckenhause. Dass in der Grube für das Ligamentum teres Drehung gegeben ist, lehren die kreisständigen Ernährungslöcher in derselben. Die obengenannte Leiste geht homodrom.

Bei den Vögeln wird ein bei weitem grösserer Teil der obern Schenkel-epiphyse mit zur Bildung des Hüftgelenks verwendet; bei Hühnern ist z. B. die ganze obere Fläche des Schenkelhalses bis zum Trochanter major hin Gelenkfläche und hier lässt sich mit vollster Ueberzeugung die in richtigem Sinne gewundene Spiralfäche sowohl, als auch die homodrome schraubenförmige Mechanik des Hüftgelenkes nachweisen, ebenso deutlich wie im Schultergelenk der Säugetiere.

Die Condyli femoris ergeben zunächst, dass im Profil betrachtet ihre Umrandung nicht kreisförmig ist, indem der Radius in der hintern Partie kleiner ist, als in der vordern. Dadurch erhält die Umrandung analog den Fingerphalangealgelenken das Ansehen einer eingerollten Spirallinie. In dem Gelenk selbst ist eine homodrome Schraube gegeben. Hält man einen Oberschenkelknochen mit seiner Condylenaxe so gegen eine Spirale, wie Fig. 18 dies andeutet, so wird man die schraubenartige Windung sofort erkennen. Die Condylengelenkflächen stellen eine homodrome Vollschrabe dar, deren Hohl-schrabe die Schienbeingelenkfläche ist.

Bei weitem deutlicher als der menschliche Oberschenkel zeigt diese Verhältnisse der Oberschenkel fast sämtlicher Wirbeltiere, deren Skelette

Fig. 18.

Rechtes Oberschenkelbein von hinten zur Darstellung der linksspiraligen Schraube in demselben.

zu untersuchen ich Gelegenheit hatte. Bei den Affen, Katzen, Hunden, Zweihufern fand ich überall die homodrome Schraube vor. Die Schraubensteigung ist in allen Fällen hinten in der Kniekehle stärker und flacht sich nach vorn zu ab. Die grossen Raubtiere pflegen sogar in dem Gelenkteil für die Kniescheibe die homodrome Windung zu zeigen.

Bei entzündlichen Affektionen des Oberschenkelknochens, z. B. bei Nekrosen, Knochenneubildungen, besonders bei langen Exostosen, grossen Kalluswucherungen u. s. w. pflegt sich die spiralige Drehung mit grosser Deutlichkeit zu zeigen. Die lakunäre Anfressung toter Knochenstücke

durch Granulationen und Riesenzellen geschieht stets in langgezogenen Spiralen, welche homodrom um den toten Knochen herumgehen. Neugebildeter Knochen nach Fraktur oder chronischer Periostitis gestattet zuweilen ohne weiteres zu bestimmen, ob er von einem rechten oder linken Schenkel herrührt.

c) Die Kniescheibe.

Die Kniescheibe des Menschen und sämtlicher von mir untersuchten Tiere ist der Faser und innern Architektur nach richtig gedreht.

Dass bei pathologischen Zuständen der Beine antidrome Drehung der Kniescheibe nachträglich erzeugt werden kann, lehrte mich ein Präparat der pathologischen Sammlung, an welchem Winkelstellung des Kniegelenks mit Rotation der Tibia nach aussen bestand. Die Patella hatte in Folge der dadurch entstandenen abnormen Spannung des Quadriceps femoris antidrome Drehung erhalten.

d) Das Schienbein.

Das erwachsene menschliche Schienbein ist den Flächen nach richtig gedreht. Die Faserung, Architektur und Spaltbarkeit ist im oberen und untern Drittel ebenfalls homodrom, im mittlern Drittel ist jedoch in vielen Fällen antidrome Faserung gegeben. Wie diese zu erklären ist, weiss ich nicht. Nicht unwahrscheinlich ist die Annahme, dass die Tibia zu einer gewissen Zeit des foetalen Lebens der äussern Form nach eine homodrome Windung mit konvexer Krümmung nach vorn besitzt und dass der Knochen sich später mehr gerade streckt, wodurch die Faserung eine leicht antidrome Richtung erhält. Die stärkere Krümmung der Tibia nach vorn lässt sich am foetalen Knochen manchmal nachweisen.

Die genannte Antidrome des mittlern Drittels ist bei verschiedenen Individuen ausserordentlich verschieden. An Kaukasierskeletten der anatomischen Sammlung war sie kaum nachweisbar, beim Neger und Japanesen fand ich sie minimal, bei einzelnen Skeletten von Elsässern war sie bald mehr, bald weniger ausgesprochen, in einigen Fällen fehlte sie.

Bei den Reptilien pflegt die Tibia von oben bis unten homodrom gedreht zu sein, bei den Vögeln, namentlich den Straussenarten, den Hühnern u. a. ist nicht nur die homodrome Drehung der Tibia sehr deutlich, sondern die Tibia und Fibula winden sich in homodromer Drehung umeinander. Letzteres kommt bei Säugetieren auch vor, so z. B. beim Schweinefoetus, bei ihnen pflegt sich jedoch die Fibula zu einem so selbständigen Knochen auszubilden, dass nunmehr beide Unterschenkelknochen einzeln für sich ihre Drehung durchmachen. Die obengenannte Antidrome der menschlichen Tibia habe ich bei Säugetieren nicht gefunden, selbst bei den Affen fehlt sie. Beispiele schöner homodromer Tibiadrehung sind *Capra hircus*, *Tapirus Roulini*, *Equus*, *Bos*, *Coelogenys*, *Dasypus* und *Canis lupus*.

Grössere Exostosen der Tibia pflegen die homodrome Drehung zu besitzen. Ferner ist es mir aufgefallen, dass lange Sequester der Tibia-

diaphyse in vielen Fällen die ausgesprochenste homodrome Drehung zeigten, woraus hervorzugehen scheint, dass die Antidrome des mittlern Drittels nicht bis in die tiefen Schichten des Knochens hineindringt, sondern eine mehr oberflächliche ist. Bei Winkelstellungen des Kniegelenks mit Rotation der Tibia nach aussen kann durch den Zug der Weichteile (Ligamentum patellae) in der sonst stets richtig gedrehten Tuberositas tibiae eine antidrome Drehung zustande kommen, wie dies Präparate der pathologischen Sammlung lehren.

Die oberen Gelenkflächen der Tibia zeigen eine leichte spiralige Windung, ebenso die Gelenkfläche für das Capitulum fibulae. Die Eminentia intercondyloidea der Tibia pflegt nicht sagittal, sondern etwas schräge von hinten und innen nach vorn und aussen gestellt zu sein. Dadurch erhalten die Tibiagelenkflächen als Hohlschrauben des Kniegelenks die homodrome Windung.

Die Ligamenta cruciata des Kniegelenks drehen sich in der homodromen Richtung umeinander.

Die Bandscheiben der Tibia im Kniegelenk lassen an ihrem Faserverlauf eine deutliche spiralige Beschaffenheit erkennen, wie dies von Henle¹⁾ dargestellt ist.

Die untere Gelenkfläche der Tibia ist spiralig gewunden. Sie zeigt einen von hinten und etwas innen nach vorn und aussen verlaufenden schwach angedeuteten First, welcher lehrt, dass in dem Fussgelenk schraubenartige Mechanik besteht.

Die kleine Gelenkfläche an der Innenfläche des Malleolus internus tibiae besitzt homodrome, diejenige für den Malleolus externus bestimmte antidrome Drehung.

Die Axendrehung (Torsion) der Tibia ist in ähnlicher Weise wie diejenige des Humerus vielfach Gegenstand der Forschung gewesen. Angaben über Drehung der Tibia machen Hildebrandt (1833)²⁾, Cruveilhier (1871)³⁾, Aeby (1871)⁴⁾, Henle (1871)⁵⁾, Hyrtl (1875)⁶⁾, Quain-Hoffmann (1877)⁷⁾, und Braune (1877)⁸⁾; letzterer handelt darüber am ausführlichsten. Um die Torsion der Tibia zu bestimmen, hat man die obere und untere Epiphyse des Knochens quer durchbohrt, Stahlstäbe durchgesteckt und nun den Winkel gemessen, den die oben und unten durchgesteckten

1) Henle, Bänderlehre, 2. Aufl. S. 141. Fig. 118 u. 119. 1872.

2) Hildebrandt, Handbuch der Anatomie des Menschen, 4. Ausg. besorgt von E. H. Weber 1833, 2. Bd. S. 275.

3) Cruveilhier, Traité d'anatomie, Paris 1871, T. I, p. 240.

4) Aeby, der Bau des menschlichen Körpers, ein Lehrbuch der Anatomie. Leipzig 1871. S. 309.

5) Henle, Lehrbuch der systematischen Anatomie des Menschen, Knochenlehre 3. Aufl. 1871. S. 284.

6) Hyrtl, Lehrbuch der Anatomie des Menschen, 13. Aufl. Wien 1875. S. 360.

7) Quain-Hoffmann, Lehrbuch der Anatomie des Menschen, 2. Aufl. 1877, 1. Bd. S. 218.

8) Wilh. Braune, Ueber die Torsion der menschlichen Tibia. Leipzig 1877, 40 19 S.

Stahlstäbe mit einander bildeten. Ferner hat man den Winkel, den die Axe des Kniegelenks mit derjenigen des Fussgelenks bildet, als den Ausdruck der Drehung angesehen; Braune bestimmte am Kniegelenk die Mitte der straff gespannten Seitenbänder, am Fussgelenk die Mitten beider Malleolen und stellte die Neigung der durch diese Punkte gelegten Axen oder Ebenen zu einander fest. Nach Braune unterliegt die Torsion der Tibia manchen Schwankungen, als geringste Drehung des untern Tibiaendes gegen das obere fand er einen Winkel von 2° , als höchste 32° , aber alle diese Drehungen sind antidrome. An der Tibia des Foetus und der Tiere sind bisher keine Messungen gemacht. Ob es nun richtig ist, die Stellung der Gelenkaxen zu einander als Ausdruck der Drehung des Knochens zu betrachten, ist höchst zweifelhaft.

Die spiralige Beschaffenheit der Kniegelenkflächen ist, wie ich bei Henke¹⁾ finde, von den Brüdern Weber²⁾ angenommen worden; sie erklärten das ganze Profil des Gelenkkopfs für eine Spirale, in der der Radius ihrer Krümmung von hinten nach vorn zunehme, also die Axe dem hintern Teile näher, vom vordern weiter abliege. An derselben Stelle erwähnt Henke, dass H. Meyer³⁾ am Kniegelenk ein Schema der Ginglymoarthrodie anwende, indem er das Profil des Kniegelenks in analoger Weise wie das der Fingergelenke in ein hinteres Stück mit kleinerm und ein vorderes mit grösserm Durchmesser zerlegte. Langer⁴⁾ seinerseits stellte den Satz auf, dass Gelenkköpfe in einem Durchschnitt senkrecht zur Axe oder den verschiedenen einander parallelen Lagen der Axe als Profil statt eines Kreises eine logarithmische Spirale darstellen sollen. Als Beispiel wählte er die Tarsometatarsalgelenke storchartiger Vögel und stellte neben der schleifenden Bewegung kongruenter Gelenkflächen ein zweites Prinzip zur Erklärung von Gelenkmechanismen auf, nämlich die Abwicklung inkongruenter Gelenkflächen. Die Abwicklungsfläche bezeichnet Langer zugleich als Torsionsfläche, vergleicht sie mit einer Schneckenspirale und führt für das Kniegelenk speziell an, dass die Fasern jedes einzelnen Ligamentum cruciatum im Kniegelenk gekreuzt (d. h. spiralig) von der Tibia zum Condylus verlaufen, welche Kreuzung sich bei der Streckung des Kniegelenks fast ganz auflöse.

e) Die Fibula.

Die ausgewachsene menschliche Fibula ist ein in der obern Hälfte homodrom, in der untern antidrom gedrehter Knochen. Die Antidrome des untern Teiles scheint den Flächen nach stets vorhanden zu sein, während sie der Faserung nach manchmal fehlt. Die Gelenkfläche des Malleolus

1) Henke, S. 225 s. Werkes.

2) W. und Ed. Weber, Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge, S. 161, Göttingen 1836.

3) H. Meyer, Physiologische Anatomie und Mechanik des Kniegelenks. Müller's Arch. 1853.

4) Langer, Denkschriften der kk. Akademie zu Wien, mathem. naturw. Kl. Bd. XVI, XVIII, XXXII.

externus ist stets antidrom. Die mehr rundliche foetale menschliche Fibula ist in der Regel von oben bis unten der Faser und Architektur nach homodrom gedreht.

Bei den Vögeln ist die Fibula stets richtig gedreht, ebenso bei den meisten Säugetieren.

Albrecht¹⁾, dessen Arbeit mir im Original nicht zur Verfügung stand, hat, wie ich bei Braune²⁾ finde, bereits genauere Studien über die Torsion der Fibula gemacht; es sei daher auf dessen Arbeit verwiesen.

f) Die Fusswurzelknochen.

Die sämtlichen Fusswurzelknochen besitzen spiralige Axendrehung, die hier viel deutlicher zu erkennen ist als an der Handwurzel, weil die Fusswurzelknochen grösser sind. Am Fuss haben wir ausser dem Druck der Knochen aufeinander, ausser dem Zug von Muskeln und Bändern noch das Körpergewicht, welches die spiralige Wachstumsdrehung in mancher Weise beeinflusst. Um daher die richtige Wachstumsdrehung jedes einzelnen Fusswurzelknochens zu ermitteln, ist es fast unerlässlich, neben ausgewachsenen auch jugendliche oder foetale Knochen zu untersuchen.

1) Das Sprungbein des Menschen ist den Flächen, der Faserung und Architektur nach homodrom gedreht. Seine sämtlichen Gelenkflächen sind ferner homodrom gewunden mit alleiniger Ausnahme des kleinen Flächenstücks für den Malleolus externus, welches leicht antidrom gedreht ist.

Schon bei äusserer Betrachtung fällt die eigentümliche Axendrehung im Halse des Knochens auf, wo besonders die Faserung und die Stellung der Gefässlöcher charakteristisch ist. Legt man die Lamellensysteme des Knochens frei, wozu sich die grosse Gelenkfläche besonders eignet, so gewinnt man sofort die richtige Anschauung von der spiraligen Drehung des Knochens. Die Spiralensteigung ist etwa in der Mitte des Körpers des Knochens, d. h. entsprechend der Mitte der grossen Gelenkfläche am schwächsten, der Steigungswinkel mag dort 75° betragen, nach dem hintern Ende des Knochens zu nimmt der Steigungswinkel zu, d. h. die Spirale wird steiler, die Windung des Knochens somit geringer. Am hintern Ende beträgt der Steigungswinkel $85-87^{\circ}$; im Halse ist er etwas kleiner, $80-83^{\circ}$; im Taluskopf etwa gleich 85° .

Die Mechanik des Fussgelenks ist eine schraubenartige; die Talusgelenkfläche bildet die homodrome Vollschraube, die Tibiagelenkfläche die Hohl-schraube, die Schraubensteigung ist im hintern Abschnitt am stärksten (etwa 20°) und nimmt nach vorn zu bedeutend ab. Die Schraubenspindel ist nicht genau zylindrisch, indem sie von innen nach aussen gerechnet etwas an Dicke abnimmt.

Die Drehung des Talus ist bei den meisten Säugetieren sehr deutlich, auch pflegt bei ihnen die schraubenartige Mechanik im Fussgelenk viel auf-

1) Albrecht, Beitrag zur Torsiontheorie des Humerus, Kiel 1875.

2) Braune, S. 9 s. Werkes.

fallender zu sein als beim Menschen, weil die Schraubensteigung bei denselben auch vorne eine viel deutlichere und gleichmässigere ist. Die Gelenkfläche für die Fibula ist bei den meisten Säugetieren homodrom gedreht.

C. Langer¹⁾ hat die Schiefheit der Gangrichtung im Sprunggelenk untersucht und die schraubenartige Beschaffenheit der Talusrolle ermittelt, nachdem er die Vollschraube desselben mittels mühevoll angefertigter Gipsabdrücke soweit vervollständigt hatte, dass er etwa 2 vollständige Schraubenrundgänge erhielt. Auch fand bereits Langer, dass die Schraubenmechanik im Sprunggelenk der Tiere viel auffallender ist, als in demjenigen des Menschen. Henke²⁾ hat die Langer'sche Ansicht anfangs bestritten, später zugegeben, und hat sogar gefunden, dass die Gelenkfläche für den Malleolus externus, welche sich im Profil als Sektor eines Kreises darstellt, genau genommen ein Stück eines läotrop, d. h. rechterseits linksgewundenen Schraubenganges darstellt.

2) Das Fersenbein.

Das Fersenbein ist der Form, den Flächen, der Faser und der Architektur nach von vorn bis hinten homodrom gedreht. Von seinen Gelenkflächen sind diejenigen zum Talus hin homodrom, diejenige zum os cuboideum hin antidrom gewunden. Letztere Fläche ist die schönste Spiralfäche des ganzen Skeletts.

Schon am äussersten Ende des Fersenbeinhöckers beginnt die spiralige Drehung mit grosser Deutlichkeit, der Steigungswinkel mag dort etwa 85^0 betragen; weiter nach vorn zu wird er kleiner (etwa 80^0), nach vorn hin vergrössert er sich, so dass er am os cuboideum wieder etwa 85^0 beträgt. An der untern Fläche des Knochens zeigt ein schmaler Streifen der oberflächlichen Faserung und auch der Balkensysteme der Spongiosa eine leicht antidrome Richtung, offenbar erzeugt durch den Zug der Bandmassen in der Fusssohle. Trägt man die antidromen Schichten ab, so kommen tiefere homodrom gedrehte Balkensysteme zum Vorschein.

Sämtliche Tiere, deren Calcanei ich untersucht habe, zeigen die homodrome Drehung des Knochens; je länger der Knochen, um so auffallender seine Drehung. Deshalb eignet sich der Calcaneus des Pferdes ganz besonders zur Untersuchung. Auch der Calcaneus der Affen zeigt die Drehung sehr deutlich.

Dass in den Gelenken zwischen Talus und Calcaneus, Calcaneus und Os cuboideum, Talus und naviculare schraubenartige Mechanik bestehe, haben Langer und Henke bereits betont. Henke fand die Schraube zwischen Calcaneus und Talus auf der rechten Seite linksgewunden, diejenige zwischen Calcaneus und cuboideum rechtsgewunden; sodann konstatierte er, dass bei Tieren, deren Fuss in diesem Gelenk mehr als beim Menschen drehbar ist (kletternde Säuger, Affen), auch die Schraube zwischen Calcaneus und Talus sehr deutlich ausgeprägt sei.

1) C. Langer, Wiener Denkschriften Bd. XII 1856: Ueber das Sprunggelenk der Säugetiere und des Menschen, mit 2 Tafeln, 20 S.

1) Henke, S. 254 f. s. Werkes.

3) Das Kahnbein ist seiner Architektur nach homodrom gedreht, eine Drehung der äussern Form und Flächen ist wegen der Kürze des Knochens nicht nachweisbar, eine Drehung der oberflächlichen Faserung ist wegen der verschiedenen Richtung der Fasern, welche durch den Ansatz der Bänder erzeugt wird, nicht bestimmbar. Von den Gelenkflächen ist diejenige zum Talus und die kleine Facette zum Os cuboideum homodrom, die zum 1. und 2. Keilbein antidrom, die zum 3. Keilbein wieder homodrom gewunden.

4) Das erste Keilbein ist seiner Architektur nach homodrom gedreht mit Ausnahme des untersten Teiles in der Fusssohle, wo ganz leichte Antidrome der Balkensysteme der Spongiosa gegeben ist. Die 3 Gelenkflächen sind leicht antidrom gedreht.

5) Das zweite und dritte Keilbein verhalten sich ähnlich wie das erste. Die Gelenkflächen des 2. Keilbeins scheinen in der Mehrzahl der Fälle antidrom gedreht zu sein; diejenigen des 3. sind mit Ausnahme derjenigen zum 2. Keilbein hin, homodrom gedreht.

6) Das Würfelbein ist seiner Architektur nach homodrom gedreht; von seinen Gelenkflächen ist diejenige zum Calcaneus hin prachtvoll antidrom, und bildet die schönste Spirale des ganzen Skeletts, diejenige zum 3. Keilbein hin und diejenige zur 4. Zehe sind meist homodrom, diejenige zur 5. Zehe meist antidrom gedreht.

7) Die Mittelfusssknochen.

Sämtliche Mittelfusssknochen des Menschen besitzen spiralige Axendrehung und zwar in der Regel die homodrome. Am ausgesprochensten pflegt die Drehung am 1. Metatarsus, dessen Sesambeine sogar Axendrehung zeigen, und am 5. zu sein. An den Mittelfusssknochen kommt, wie an denjenigen der Fusswurzel, in Folge des Drucks der Knochen gegeneinander, ferner in Folge des Zuges von Muskeln und Bändern, des Körpergewichts u. s. w. manche Abweichung von der normalen Wachstumsdrehung vor. Foetale Mittelfusssknochen fand ich stets von einem bis zum andern Ende richtig gedreht.

Bei den meisten Tieren pflegen die Metatarsi die homodrome Drehung zu zeigen, mögen dieselben getrennt sein wie bei den Affen, oder verschmolzen wie bei den Zweihufern. In letzterem Falle ist die in der Mitte des Knochens längs verlaufende Rinne leicht spiralig gewunden, so dass man aus ihrem Verlauf erkennen kann, ob man es mit einem rechten oder einem linken Knochen zu thun hat.

8) Die Knochen der Zehen bieten dieselben Verhältnisse dar, wie diejenigen der Finger; stets pflegt Axendrehung vorhanden zu sein. Dass hier in Folge von Druck u. s. w. mancherlei Abweichungen vorkommen, liegt auf der Hand.

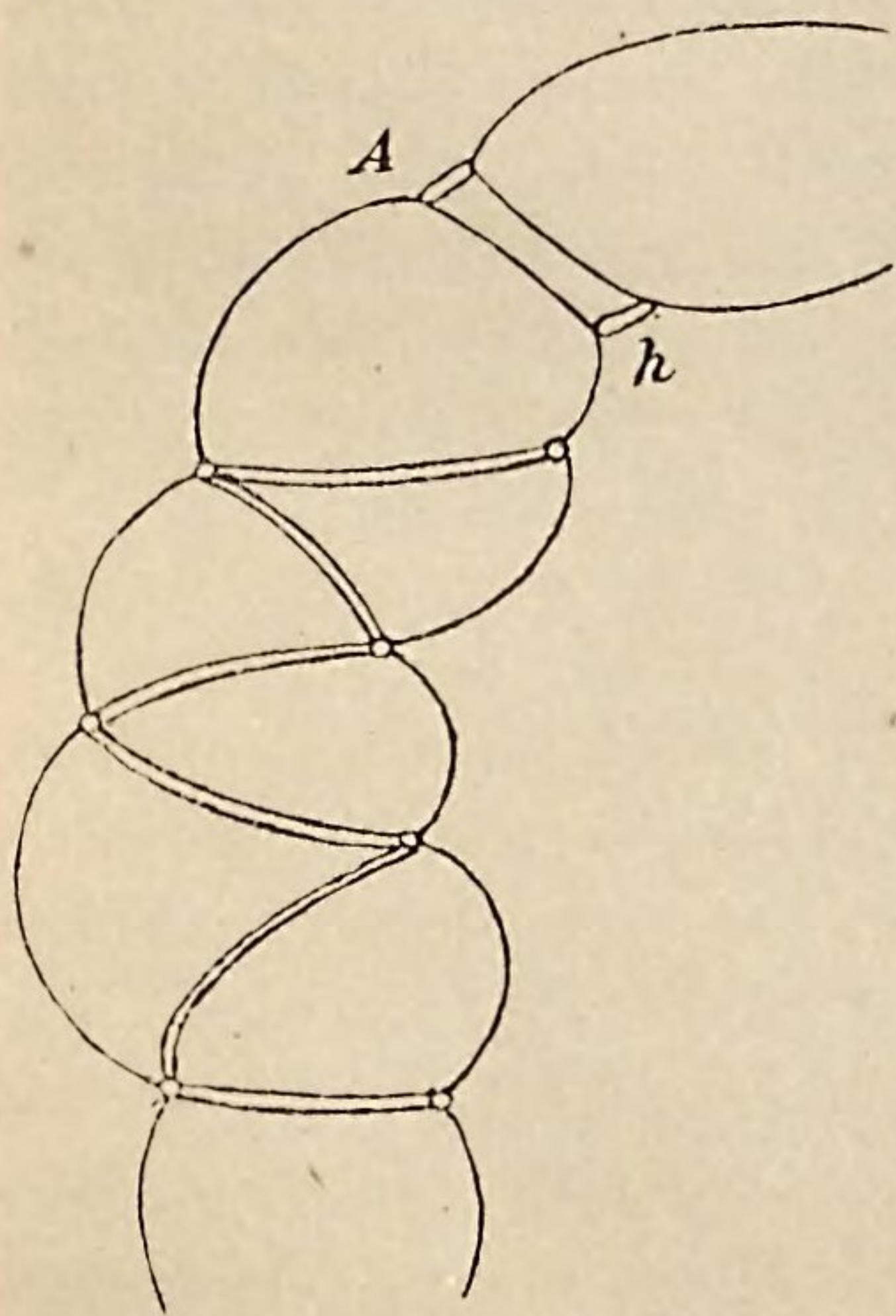
Anhang.

Das Bindegewebe.

Wenn das Knochengewebe durchweg spiraliges Wachstum besitzt, so liegt es nahe, auch bei anderen Gewebsarten, zu denen das Knochengewebe gehört, ein solches spiraliges Wachstum zu vermuten.

Dem Knochengewebe zunächst steht das Knorpelgewebe und Zahnge-
webe. Beide besitzen spiralige Wachstumsdrehung. An den Knorpeln der
Rippen ist die Drehung ohne weiteres nachweisbar und dass der später
verknöchernde Knorpel Drehung besitzt, beweist das im allgemeinen Teil
dieses Kapitels besprochene Richtungsphänomen. Die im Knorpelgewebe der
Cephalopoden verlaufenden Knorpelkanälchen sind sämtlich spiralig gewunden.
Die Zahnkanälchen besitzen ebenfalls einen gewundenen Verlauf, die Zahn-
schmelzprismen sitzen schräg auf der Substantia propria des Zahnes, die Zähne
selbst und ihre Wurzel sind fast stets mehr oder weniger spiralig gebogen.

Fig. 19a.



Bindegewebsbündel der Arach-
noidea mit einer rechts-
spiralig gewundenen umwickeln-
den Spiralfaser, nach Krause.

Fig. 19b.



Zusammenhang der umspinnen-
den Spiralfaser
mit
Zellen nach Krause.

Das elastische Gewebe besteht aus feinen elasti-
schen Fasern, die in allem fibrillären Bindegewebe verbreitet sind, besonders
in den serösen Häuten, Blutgefäßen, Lymphge-
fäßen, Drüsenausführungsgängen u. s. w. Sie ver-
laufen korkzieherartig ge-
wunden ähnlich langen
lockigen Hobelspänen. In
solchen Geweben, wo die
Bindegewebsbündel weit
auseinanderweichen (Ara-
chnoidea, subkutanes Ge-
webe) und mit Gewebs-
flüssigkeit gefüllte Lücken
zwischen sich lassen, legen
die elastischen Fasern sich
der Oberfläche der Binde-

gewebsbündel dicht an, umspinnen dieselben spiralig (Figur 19a) und bilden stellenweise förmliche Scheiden um dieselben. Die genauere mikroskopische Untersuchung lehrt, dass diese spiraligumspinnenden Fasern mit sternförmigen Zellen zusammenhängen (Figur 19 b), die sternförmig platt den Bindegewebsbündeln anliegen und Ausläufer (eben die umspinnenden Fasern) entsenden, welche die Bündel in schräg transversaler Richtung umgreifen. Diese Verhältnisse müssen auf Wachstumsdrehung zurückgeführt werden und lehren zugleich, dass die eigentlichen Zellen mit dem spiraligen Wachstum in naher Beziehung stehen. Valentin¹⁾ hat auf dieses Verhalten schon aufmerksam gemacht.

1) G. Valentin, Gewebe des menschlichen und tierischen Körpers, in Rud. Wagners Handwörterbuch der Physiologie I. S. 666. 1842.

Kapitel II.

Muskeln und Sehnen.

A. Glatte Muskelfasern.

An den glatten Muskelfasern treten folgende Erscheinungen zu Tage, welche auf spiraliges Wachstum schliessen lassen:

1) Die Kerne der glatten Muskelfasern erscheinen, zumal nach Behandlung mit Säuren, häufig S-förmig gebogen oder spiralig gedreht, eine Beobachtung, auf welche Krause ¹⁾ aufmerksam macht.

2) Die eigentliche kontraktile Substanz derselben zeigt besonders nach Aufbewahrung in 1 Prozent Salzsäure, vielfache spiralige Windungen.

3) Die zarte Hülle von Bindegewebe und elastischen Fasern, welche dieselben umgibt und untereinander verbindet, zeigt spiralige Beschaffenheit, welche an den elastischen Fasern besonders in die Augen fällt.

4) Die Gewebe, welche glatte Muskelfasern enthalten, zeigen diese vielfach spiralförmig, wenn auch in langgezogenen Spiralen, angeordnet. So findet man die glatten Muskelfasern der Harnblase des Kaninchens besonders stark spiralig gewunden. Dasselbe gilt von den Muskelfasern des Uterus, der Tuben, der runden Mutterbänder, des Ductus choledochus, u. a. Auch die glatten Muskelfasern der Haut, die sogenannten Arrectores pilorum haben Andeutungen spiraligen Wachstums, indem sie ihre kleinen Haargruppen in schräger Richtung ein wenig umkreisen, bevor sie sich ansetzen.

5) Endlich ist zu erwähnen, dass die Muskelgeschwülste, Myome und Myofibrome, in der Regel hochgradig spiralige Drehung besitzen.

B. Quergeschnittene Muskeln.

Hier gelten als Zeichen spiraliger Beschaffenheit der quergestreiften Fasern

1) Die Spiralstellung der Sarkolemmkerne.

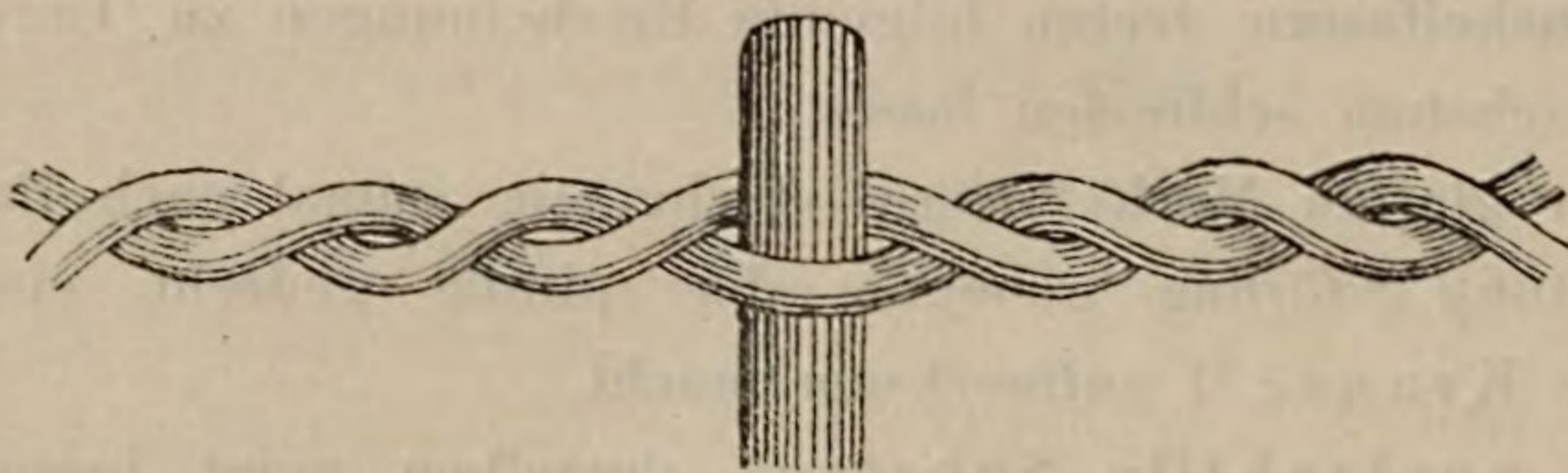
2) Die spiralförmige Umkreisung des Nerven und seiner Endplatte um die Muskelfaser herum. Jede quergestreifte Muskelfaser wird von ihrem Nerven und seiner Endplatte um einen beträchtlichen Bruchteil ihres Umfanges, nach Krause ²⁾ um mindestens ein Drittel desselben, umfasst.

1) Krause, S. 98 s. Werkes.

2) Krause S. 489 s. Werkes.

Aber auch ganze Muskelkörper d. h. Muskelfasermassen besitzen in der Regel eine bestimmte Axendrehung. An dem Deltoideus, Pectoralis major, Latissimus dorsi, den Streckern des Vorderarms, dem Sartorius, den Muskeln und Bändern der Fusssohle ist die Drehung auf den ersten Blick zu erkennen. Sie besitzen mit Ausnahme des Latissimus dorsi homodrome Drehung. Die Antidrome des Latissimus scheint mir damit im Zusammenhang zu stehen, dass die anfangs seitliche Richtung des aus der Rumpfwand des Embryo hervorwachsenden Armes später in eine Richtung nach vorn und ausserdem parallel der Körperaxe (herabhängende Richtung) verändert wird. Die Folge davon ist, dass, wie die schematische Figur 20 dies erläutert, an der vordern Seite (Pectoralisseite) die homodrome Drehung ver-

Fig. 20.



Erklärung der antidromen Drehung des Latissimus dorsi;
siehe den Text.

stärkt, an der hintern (der Latissimusseite) abgeschwächt oder antidrom wird. Wenn in Fig. 20 der zwischen zwei Seilen durchgesteckte Holzstab spirallige Axendrehung der

Seile erzeugt, so ist diese Axendrehung zu beiden Seiten des Stabes die entgegengesetzte. Die Antidrome des Latissimus dorsi wird in gleicher Weise auch den übrigen von der Schulter zum Arm gehenden Weichteilen auf der hintern Körperhälfte zuteil werden, so dem Teres minor und Infraspinatus, ferner aber auch der Haut. Auf die Antidrome der letztern werden wir im Kapitel „Haut“ zurückkommen.

Eine zweite der eben beschriebenen analoge Antidrome muss sich auf der Rückenseite des Körpers in den von der Becken-Kreuzbeingegend zum Schenkel herabsteigenden Weichteilen (Glutäalgegend) ausbilden, welche wir im Kapitel „Haut“ berühren werden.

Dass die zwischen den Rippen befindlichen Muskeln samt den dortigen Nerven, Gefässen, Bindegewebe u. s. w. die den Rippen zukommende spirallige Drehung besitzen, bedarf wohl keines Beweises. Ebenso wahrscheinlich erscheint die Annahme, dass die um den torquierten Oberarmknochen, ferner (bei Tieren wenigstens) die um die in Pronationsstellung zu einander gestellten Vorderarmknochen gelagerten Weichteile (Muskeln, Nerven, Faszien, Haut) an der allgemeinen Wachstumsdrehung der Knochen teilnehmen. Dasselbe wird man von den Muskeln der Beine annehmen dürfen, so erscheint es natürlich, dass der um den Oberschenkelknochen gelagerte Quadriceps femoris an der Drehung dieses Knochens teilnimmt. Die Sehne des Quadriceps hat bis zum Ansatz an die Tibia die richtige Drehung, dies beweisen der Verlauf ihrer Fasern und die Drehungsmerkmale der in die Sehne eingeschlossenen Kniescheibe.

Aber auch dem Musculus popliteus, Biceps femoris, Semitendi- und Semimembranosus, Tibialis anticus und posticus, Gastrocnemius samt Achilles-

sehne, Extensor brevis hallucis u. a. scheint die homodrome Drehung zuzukommen, während die Drehung des Peroneus longus und brevis unbestimmt oder antidrom ist. Der ganze menschliche Fuss mit seinen Knochen und Weichteilen stellt eine langgezogene homodrome Spirale dar. Von Muskeln der Wirbelsäule scheinen diejenigen auf der Vorderfläche der Wirbelkörper, ferner auch die Scalenii, der Sternocleidomastoideus u. a. richtig gedreht zu sein.

An gekochtem Fleisch pflegt sich der Verlauf der Muskelfasern und Muskelfaserbündel viel deutlicher auszuprägen, als an frischem Fleisch; an Spirituspräparaten scheint mir stets die spiralige Drehung der Muskelsubstanz sehr deutlich vorhanden zu sein.

Bei den Fischen pflegt die ganze Seitenwandmuskulatur die homodrome Drehung in ausgesprochenstem Maasse zu besitzen, während die an den Seiten der Wirbeldornfortsätze gelagerte Muskulatur meist antidrom gedreht zu sein scheint.

Bei den Vögeln ist die homodrome Drehung der Muskulatur auf dem Brustbein ganz prachtvoll und scheint hieraus der Schluss gefolgert werden zu dürfen, dass auch das Brustbein selbst homodrome Drehung in seinen beiden Hälften besitzt.

Auf die spiralige Drehung der Muskulatur der Zunge und des Herzens komme ich später zurück.

Steigen wir in der Tierreihe bis zu den Protisten hinab, so finden wir dort bereits in der Rindenschicht des Leibes der Gregarinen und vieler Infusorien muskelähnliche Bänder oder Fasern. Bei vielen dieser Organismen sind dieselben spiralig unter der Cuticula angeordnet. Bei den Vorticellinen laufen sie in Spiraltouren gegen das in den Stiel übergehende Körperende. Bei Spirostomum finden infolge der Kontraktionen dieser spiralig um den Körper gelagerten Muskeln die Körperkontraktionen nicht nach der Längsaxe des Körpers statt, sondern in der Richtung dieses mehrere Spiraltouren beschreibenden Streifens. Es erfolgt somit bei diesen Kontraktionen jedesmal eine Drehung des Körpers um seine Längsaxe. Ob diese Spiraltouren rechts- oder linksgewunden sind, fand ich in den einschlägigen Werken nicht angegeben.

Der Stiel der Vorticellinen ist ebenfalls kontraktionsfähig und zwar geschehen die Kontraktionen desselben stets unter gleichzeitiger Axendrehung. Sie werden bewirkt durch einen im Innern des Stieles befindlichen kontraktilen Strang, der zwar physiologisch, nicht aber morphologisch dem Gebilde der Muskelfasern an die Seite gestellt werden kann und weiter nichts ist als eine Differenzierung aus dem Protoplasma des Organismus, welche sich unter Axendrehung zusammenziehen und ausdehnen kann.

Kapitel III.

Nervensystem.

Das ganze Nervensystem ist spiralig angelegt und zwar gilt auch hier der Satz: „dass im allgemeinen auf der rechten Körperhälfte linksspiraliges, auf der linken rechtsspiraliges Wachstum besteht“.

A. Gehirn und Rückenmark.

Das Gehirn und Rückenmark ist in so auffallendem Grade spiralig gewunden, wie kaum ein anderes Organ des menschlichen Körpers. Das Gehirn ist im allgemeinen homodrom gedreht. Um dies zunächst an einem Teile desselben klar zu übersehen, betrachte man die Grosshirnschenkel, an denen die homodrome Drehung sehr ausgesprochen ist. Auch an der Varolsbrücke ist die linksspiralige Windung in der rechten Hälfte derselben sehr deutlich. Die von ihr zum Kleinhirn gehenden Schenkel sind prachtvoll homodrom gedreht und zwar so stark, dass die oberen Fasern im weiteren Verlauf nach unten hingelangen. Aber auch das ganze Kleinhirn ist homodrom gewunden mit Ausnahme der Tonsille. Man kann die einzelnen Lappen desselben in zahlreiche Plättchen zerlegen, wie dies schon von J. Stilling¹⁾ angegeben ist, jedes Blättchen, mag dasselbe der grauen oder weissen Substanz angehören, zeigt spiralige Axendrehung, und zwar muss diese allen in dem Blättchen verlaufenden Nervenfasern zukommen. Bevor man diese Untersuchung vornimmt, muss man die Hirnsubstanz härten, was am besten geschieht dadurch, dass man sie erst eine Zeit lang in Alkohol legt und dann nach Stillings Angabe mit rektifiziertem Holzessig behandelt.

Die Hemisphären des Grosshirns sind durchweg homodrom gewunden. Dabei gilt als Regel, dass die Umrandung der Spalten und die in die Tiefe der Spalten hineingestülpten Teile der grauen Substanz antidrome Drehung erhalten. Der Gyrus hippocampi ist vollständig antidrom gedreht; der Thalamus opticus ist seinem dem Gyrus hippocampi benachbarten Teil antidrom, in seiner Hauptmasse homodrom. Von dem einen Gyrus hippocampi zieht in weitem Bogen ein Nervenstrang von der Dicke des Opticus durch

1) J. Stilling, Untersuchungen über den Bau der optischen Zentralorgane, Kassel und Berlin 1882. S. 50.

die vordere Kommissur zum Gyrus hippocampi der andern Seite, er durchzieht in antidromer Drehung die um ihn gelagerten homodromen Hirnmassen. Die Corpora candicantia sind homodrom gedreht, in der Substantia perforata anterior befindet sich als Zeichen der dortigen Drehung in der Regel ein schönes Gefässkreisel. Die Corpora quadrigemina sind vollständig antidrom gedreht, ebenso die Schleife. Antidrom ist ferner der ganze Boden des vierten Ventrikels, der Funiculus teres, die Hinterstränge und die Goll'schen Stränge des verlängerten Marks, die Crura cerebelli ad corpora quadrigemina. Trägt man eine etwa $\frac{1}{2}$ Zentimeter Schicht der Corpora quadrigemina ab, so gelangt man in der Tiefe auf homodrom gedrehte Fasern, dasselbe findet man, wenn man die queren Verbindungen des Pons abträgt, worauf die längsverlaufenden homodromen Fasern, welche von den Hirnstielen zu dem verlängerten Mark hinziehen, zu Tage treten.

Soweit reichen meine bisherigen fragmentarischen Untersuchungen über spiralige Drehungen der Zentralorgane des Rückenmarks. Wie mir scheint, sind die antidromen Partien sämtlich als Einstülpungen aufzufassen, teils von der Oberfläche der Grosshirnhemisphären, teils vom 4. Ventrikel aus. Dass an letzterer Stelle eine grosse entwicklungsgeschichtliche Einstülpung besteht, ist bekannt; an derselben Stelle stülpen sich auch die Plexus chorioidei in die Ventrikelhöhlen hinein.

B. Die peripheren Nerven.

Sämtliche grösseren Nervenstämme sind langgezogene Spiralen, sie sind sämtlich torquiert, wie dies von Krause¹⁾ hervorgehoben wird. Aber auch die kleineren Nervenstämmchen zwischen den Muskelbündeln verlaufen meist gewunden und umspannen mit Vorliebe die Arterienstämmchen.

Für viele Nervenstämme ist der ganze Verlauf und die schräge Kreuzung mit anderen Körperteilen als ein unmittelbares Zeichen der Wachstumsdrehung anzusehen. Das Hervortreten des Plexus cervicalis am Halse, die Art und Weise, wie sich die Nervenstämme von hinten nach vorn um den hintern Rand des Musculus sternocleidomastoideus herumschlagen, ist charakteristisch. Dasselbe gilt von der langgezogenen Spirale, welche der Nervus phrenicus beschreibt, indem er sich von aussen nach innen um den Musculus scalenus anticus herumschlägt.

Höchst charakteristisch ist ferner der ganze Verlauf der Interkostalnerven, soweit sie die Haut der vordern Bauchwand versorgen, und sogar auf die richtige Drehung dieser letzteren schliessen lassen.

Was die Nerven der Gliedmassen anlangt, so hat schon A. Voigt²⁾ die eigentümlichen Spiralen derselben beschrieben und letztere sogar mit

1) Krause, S. 466 s. Werkes.

2) A. Voigt, Ueber ein System neu entdeckter Linien an der Oberfläche des menschlichen Körpers und über die Hauptverästelungsgebiete der Hautnerven, nebst der Art der Verteilung der Hautnerven in denselben. Wien. Sitz.-Ber. Math.-nat. Kl. 1856 Bd. XXII S. 240—248. Wien 1857.

zum Beweise dafür herangezogen, dass bei der Entwicklung der Extremitäten überhaupt eine spiralige Drehung obwalte. Die betreffenden Stellen aus Voigt lasse ich hier folgen. Seite 245 seiner Arbeit sagt Voigt: „Am untern Ende, gleich über dem Kamme des Darmbeins kommen die (seitlichen) Aeste des Nervus ileo-hypogastricus hervor und verteilen sich teils divergierend abwärts laufend bis zum Trochanter major hin in der Haut der Seite der Hüfte, teils winden sie sich über den Kamm des Darmbeins und unterhalb desselben verlaufend nach vorn und verzweigen sich bis zur vordern Grenzlinie des Stammes; so übergeht das seitliche Verästelungsgebiet des Stammes sich wendend und windend in das vordere Verästelungsgebiet der untern Extremität, welches von der Seite der Hüfte nach vorne und dann ab und einwärts in den Hohl Fuss hinein spiralig sich windet. In einem Stück einer Spirallinie, die durch den Lauf des Sartorius in der Tiefe bezeichnet ist, liegen die Stellen, wo der äussere Hautnerv, die Zweige des mittlern, des innern kleinen und der grosse Saphennerv des Schenkels hervorkommen. Von dieser Linie aus im Laufe abwärts wenden sie sich nach aussen und innen und verzweigen sich im ganzen vordern Verästelungsgebiet der untern Extremität.“ — Seite 246 heisst es dem Sinne nach: „der hintere Hautnerv des Oberschenkels, ferner der Peroneus superficialis beschreiben ebenfalls Spiralen; bei der Entwicklung der unteren Extremitäten hat somit eine spiralige Drehung gewaltet“. Eine ähnliche Drehung sagt Voigt, lasse sich für die obere Extremität nachweisen. Der Lauf der Hautnerven im hintern Verästelungsgebiet der obern Extremität sei ebenfalls ein spiraliger und zwar in demselben Sinne, indem seitliche Stammesäste am Oberarm zu hinteren werden und weiter abwärts sich spiralig nach vorn wenden. Es seien die Hautzweige des Nervus axillaris, des Cutaneus internus, die Ulnarzweige und der Rückenast des Ulnaris. Im vordern Verästelungsgebiet zeigen die Hautäste des Radialis, Cutaneus externus, ferner der Verlauf des Nervus radialis selbst dieselbe Spirale.

Diesen interessanten Angaben von Voigt könnte man für die Nervenverteilung im Gesicht noch hinzufügen:

1) Den Verlauf der Aeste des Nervus facialis. Dieser Nerv hat offenbar während seines Verlaufs durch das Felsenbein hindurch eine antidrome Drehung erhalten; sobald er aus diesem Knochen hervortritt, dreht er in einer homodromen Spirale nach vorn um; auch seine Aeste kreuzen in richtigem Sinne mit dem Arcus zygomaticus und dem Unterkiefer und scheinen in der richtigen Spirale zu ihren Muskeln zu gehen.

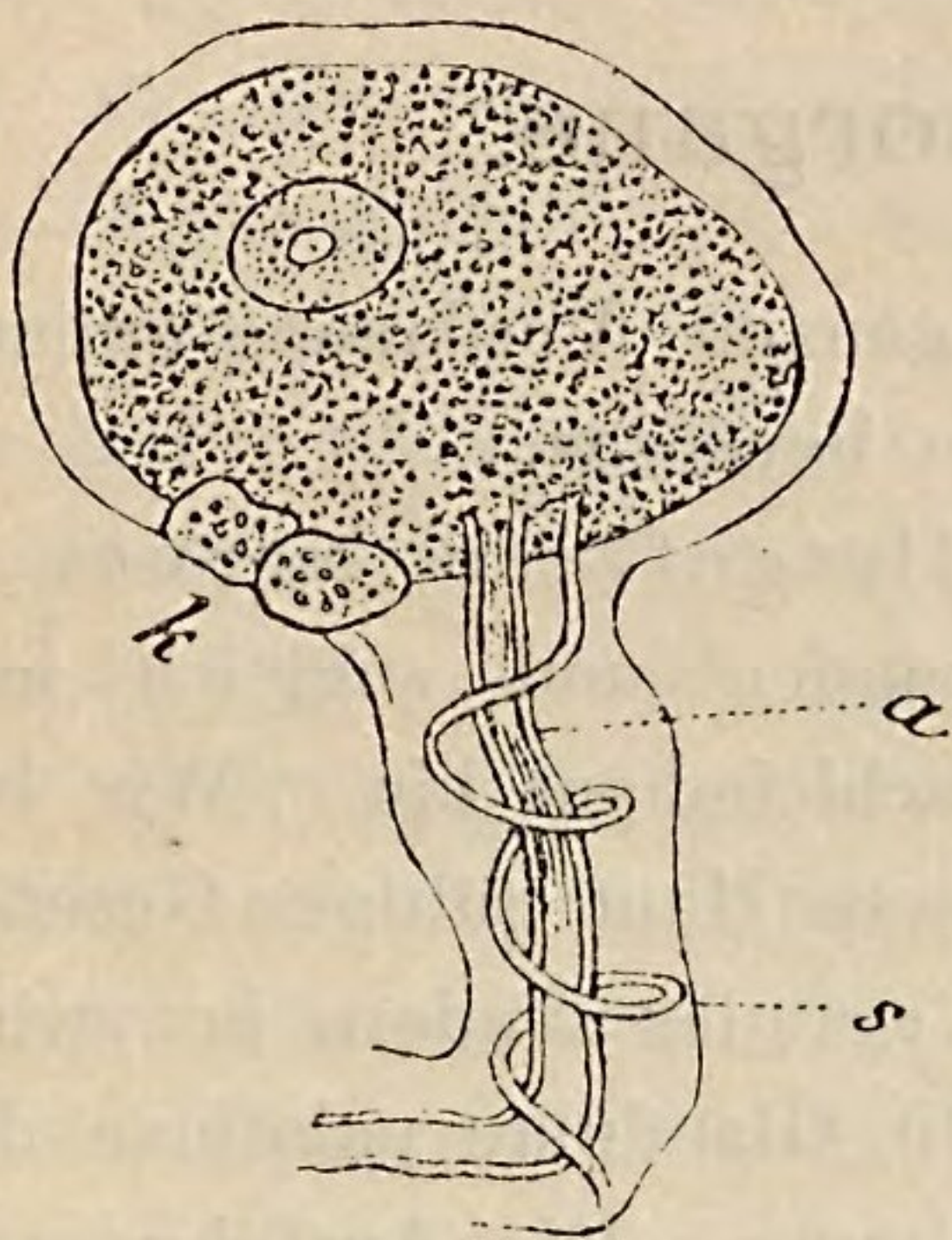
2) Den Verlauf des III. Astes des Trigeminus. Die beiden ersten Aeste dieses Nerven passieren die Orbita, wo antidrome Drehung existiert, die Torsion ihrer Fasern konnte ich bisher nicht feststellen. Der ganze Verlauf des Nervus inframaxillaris und die Art und Weise, wie er von der Innenseite des Unterkiefers in langgezogener Spirale durch diesen hindurch an seine Aussenseite gelangt, deutet auf die richtige Drehung nicht nur des Knochens, sondern auch der an und in ihm liegenden Weichteile hin.

Zum Schluss muss ich noch einige histologische Thatsachen anführen, welche auf spiraliges Wachstum der Elementarteile des Nervensystems hindeuten.

Die Fortsätze der multipolaren Ganglienzellen sind sämtlich spiralig gewunden. Aber auch an den unipolaren Ganglienzellen fehlen spiralige Andeutungen nicht. Aus letzteren sieht man nicht selten 2 Nervenfasern hervorkommen, von denen die eine gerade ist, die andere, welche auch Spiralfaser genannt wird, in Spiralwindungen um die erstere herumgeht, siehe Fig. 21.

Fig. 21.

Nervenzelle aus der Vorhofseidewand des Frosches mit einer graden und einer linksgewundenen Spiralfaser.



Der Spiralwindung der Endigungen der motorischen Nerven an den Muskeln ist in Kap. II Erwähnung geschehen.

Aber auch die Endigungen der sensibeln Nerven zeigen spiralige Drehung. So z. B. läuft der Stiel der Vater'schen Körperchen meist gewunden, die Terminalfasern in den Tastkörperchen verlaufen vielfach spiralig gebogen, die doppeltkontourierte Nervenfasern im Endkolben geht oft mehrfache knäuel förmige Windungen ein, bevor sie

endigt; die blassen Terminalfasern in den Innenkolben der Endkolben teilen sich wiederholt und verlaufen gewunden.

Möglicherweise könnte endlich auch die gewundene Beschaffenheit, welche der Axencylinder beim Absterben der Nerven annimmt, auf der am lebendigen Axencylinder unsichtbaren spiraligen Windung desselben beruhen.

Kapitel IV.

Verdauungsorgane.

Spiralige Wachstumsdrehung des ganzen Verdauungsapparates wird durch mancherlei anatomische Verhältnisse bewiesen.

Zunächst nämlich gehen sämtliche Blutgefässe, Nerven, Drüsengänge u. s. w. in der Darmwand gewunden und zugleich in schräger Richtung gegen die Oberfläche der Darmschleimhaut hin. Wir haben hier ein für alle Schleimhäute wie für die äussere Haut gültiges Gesetz, dass die einzelnen Bestandteile derselben nicht in gerader sondern in „windschiefer“ oder schräger Richtung hindurchgehen. Die Glandulae palatinae durchsetzen die Mucosa des Gaumens in schräger Richtung. Die Ausführungsgänge der Brunner'schen Drüsen des Duodenum und die Lieberkühn'schen Drüsen des Dünndarms haben neben der schrägen Richtung noch stark spiralige Windungen. An der Zunge sind ebenfalls solche spiralförmige Kanäle vorhanden und zwar an den Geschmacksporen der Geschmacksknospen; man kann sich davon überzeugen, dass die von den inneren Zellen der Geschmacksknospen nach der Mundhöhle führenden Kanäle spiralig gewunden sind. Die zahlreichen elastischen korkzieherartig gekrümmten Fasern, die im Darmrohr und seiner Serosa, dem Peritoneum, so zahlreich vorhanden sind, deuten gleichfalls auf spiralige Beschaffenheit dieser Teile hin.

Wie nun das Darmrohr des Menschen im grossen und ganzen gewunden sei, ob rechts- oder linksspiralig, konnte ich bisher nicht entscheiden. Das Darmrohr setzt sich aus einer rechten und linken Hälfte zusammen, in denen entgegengesetzte Drehung vorhanden ist. Daher kann entweder das Gleichgewicht beider Drehungen eintreten, d. h. die Drehungen heben sich gegenseitig auf, oder aber die eine Drehungsrichtung behält die Oberhand und zieht auch die andere Hälfte mit in ihre Drehungsrichtung hinein.

Ich habe wiederholt das Darmrohr kleiner Kinder oder Stücke desselben nach der Herausnahme mit dem Hahn der Wasserleitung in Verbindung gebracht, um zu sehen, ob das am untern Ende ausströmende Wasser eine bestimmte Axendrehung zeigen würde. In der grossen Mehrzahl der Beobachtungen kam das Wasser linksgewunden hervor, sodass es den Anschein gewinnt, als behalte die rechte Darmhälfte mit ihrer linksspiraligen Drehung die Oberhand. Dieselben Versuche habe ich auch am Magen und

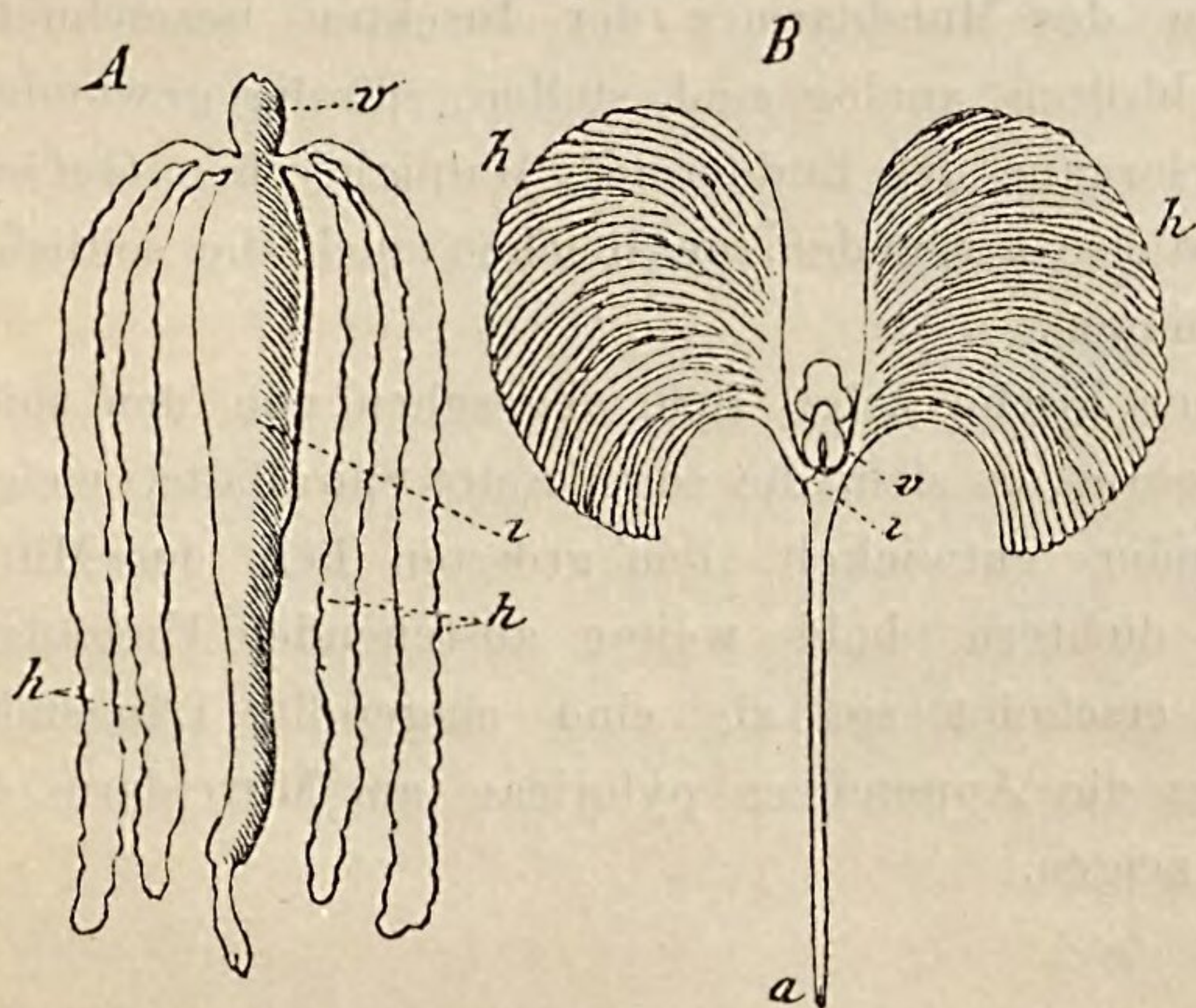
Darm verschiedener Fische und an demjenigen von Hühnern vorgenommen. Auch hier erhielt der ausströmende Wasserstrahl linksspiralige Drehung. Bei Hühnern fand ich sogar die beiden paarigen blindsackförmigen Darmanhänge linksspiralig gewunden.

Am Eingang in die Darmhöhle, Mundhöhle, und am Ausgang derselben (Aftereinstülpung) sind nun tiefe Einstülpungen von aussen nach innen gegeben, welche die Verbindung des Darmrohrs mit der Aussenwelt herstellen. An diesen Stellen muss die Spirale umkehren. Schon im ersten Kapitel habe ich gezeigt, dass alle eingestülpten Knochen der Mundhöhle, Gaumenteil des Oberkiefers, Gaumenbein u. s. w. antidrom gedreht sind. Aber auch die Weichteile der Mundhöhle haben diese Antidrome, wie man es an den Gaumenbögen und an der ganzen Zunge in überzeugendster Weise darthun kann. An der Aftereinstülpung ist der Nachweis der Antidrome mir bisher nicht gelungen.

Der Hauptausführungsgang der Gallenwege, der Ductus choledochus des Menschen ergab in der Regel linksspiralige Windung. Er sowohl als der Ductus cysticus und hepaticus besitzen in ihren Wandungen zahlreiche glatte Muskelfasern, welche samt den Bindegewebsbündeln meist in schräger Richtung zum Längsverlauf derselben gestellt sind, ein Beweis, dass auch hier Wachstumsdrehung vorhanden ist. Dasselbe gilt von den glatten Muskeln und Bindegewebszügen der Gallenblasenwand. Die Drüsen der Gallenwege besitzen spiralige Windung.

Aus diesem Verhalten liesse sich vielleicht ein Schluss auf die spiralige Entwicklung der Leber machen. Diese setzt sich aus einer rechten und linken Hälfte zusammen, von denen die rechte bei weitem grösser ist. Möglicherweise wird dadurch der linksspiraligen Drehung der Gallenausführungsgänge der Weg vorgeschrieben.

Fig. 22.



Darmkanal und Leber von Crustaceen. A von Oniscus, B von einer Palinuruslarve (Phyllosoma), nach Gegenbaur. i Chylusmagen, h Leberschläuche.

Die Leber der Fische stellt in der Regel ihrer äussern Form nach einen linksspiralig gewundenen Körper dar.

Die Leber der Arthropoden, besonders die der Crustaceen, besteht aus spiralig gewundenen Schläuchen, welche, wie dies die Figur 22 zeigt, auf beiden Seiten entgegengesetzte Drehung haben. Ähnlich verhält es sich mit den Anhangsgebilden am Mitteldarm der Mollusken, welche die

Leber repräsentieren und bei den Placophoren paarig symmetrisch angelegt sind; sie sowohl wie die Leberanhänge am Mitteldarm der Aeolidier besitzen sämtlich Axendrehung.

Die Krümmungen und Windungen des Darmrohres in Spiraltouren pflegt sich bei sämtlichen Tieren geltend zu machen, sobald die Länge des Darmrohrs jene des Körpers übertrifft. So finden wir das Darmrohr der Würmer in zum Teil spiralig gewundene Schlingen gelegt. Die taschenförmigen Ausbuchtungen und Blindschläuche des Mitteldarmes der Würmer zeigen sämtlich Axendrehungen. Das Darmrohr der Echinodermen (Crinoiden und Seesterne) beschreibt ein oder mehrere spiralige Windungen, ebenso dasjenige der Mollusken; der Blinddarm der Cephalopoden ist sogar nach Art eines Schneckenhauses in mehrfache spiralige Schraubengänge zusammengelegt und zeigt auch auf seiner Innenfläche entsprechende spiralige Faltenbildungen.

Wie mir scheint, ist die spiralige Windung des Schneckengehäuses der Mollusken als der Ausdruck der spiraligen Windung des Darmrohrs und der Leber dieser Tiere aufzufassen. Die bei weitem grösste Zahl dieser Bildungen ist rechtsgewunden und steht somit in Gegensatz zu dem meist linksspiralig gewundenen Darmrohr der höhern Tiere. Nicht undenkbar wäre es, dass die Anlage des innern Keimblattes der Mollusken genetisch eine andere ist, wie die der höhern Tiere. Während bei letztern das Entoderm aus einer primitiven innern Zellenlage entsteht, scheint es, soweit wenigstens die bisherigen Untersuchungen reichen, bei den Mollusken auf dem Wege der Einstülpung gebildet zu werden, sodass hier eine Umkehr der Spirale eintreten würde. — Interessant ist die Thatsache, dass bei *Situs viscerum inversus* das Schneckengehäuse linksspiralig gewunden ist, ein Zeichen des engen Zusammenhanges der Schneckenhauswindung mit der Anlage der Eingeweide.

Die als Anhangsorgane des Munddarmes der Insekten bezeichneten Gebilde, welche den Speicheldrüsen analog sind, stellen spiralig gewundene Schläuche dar. Die Anhangsorgane des Enddarmes, Malpighi'schen Gefässe, sind in der mannigfachsten Weise gewunden, desgleichen auch die seitlichen Anhänge des Magens der Spinnen.

Am Mitteldarm mancher Fische zeigt sich, abgesehen von den spiraligen Windungen des Darmrohres an sich, die sogenannte Spiralfalte, welche bei den Selachiern bedeutender entwickelt, den grössten Teil des Mitteldarmes in zahlreichen, bald dichtern, bald weiter abstehenden Umgängen durchsetzt. Bei *Carcharias* erscheint sie als eine eingerollte Längsfalte. Ferner ist zu erwähnen, dass die *Appendices pyloricae* am Mitteldarm der Fische spiralige Windungen zeigen.

Kapitel V.

Respirationsorgane.

Wenn man die ganze Thoraxwand rechterseits als linksspiralig, linkerseits als rechtsspiralig zu bezeichnen berechtigt ist, so darf man in den von ihr umfassten Lungen die gleiche spiralige Beschaffenheit vermuten. In der That hat die Lunge zahlreiche an die Spirale erinnernde Merkmale. Die Trennung der Lungen in Lappen geschieht durch schräg einschneidende Spalten, welche mit ihrer äussern Umrandung an der Lungenoberfläche parallel den Rippen laufen. Bei genauerer Betrachtung der Lungenflächen in diesen Spalten wird man finden, dass sie spiralig gewunden sind. Die feineren und feinsten Bronchialäste sitzen den eigentlichen Bronchen spiralig aufgereiht an und ihnen folgen im allgemeinen auch die Blutgefässe, sodass letztere, spiralig gewunden, dem Kapillargebiet zustreben.

Die beiden Kehlkopfhälften des Menschen sind spiralig angelegt, wie man dies an dem kindlichen wie am ausgewachsenen Kehlkopf sehen kann. Die Hörner des Schildknorpels, der ganze Ring- und Giessbeckenknorpel zeigen die homodrome Drehung, die Platten des Schildknorpels sind beim Neugeborenen ebenfalls homodrom, und bleiben dies für viele Jahre, später bildet sich in ihnen eine antidrome Windung aus, die beim männlichen Geschlecht sehr ausgesprochen, beim weiblichen oft verschwindend klein ist. Offenbar haben wir es hier mit dem Zuge der Stimmbänder von innen her zu thun, durch welchen die unteren Enden der Schildknorpelplatten nach innen gezogen und somit antidrom gewunden werden. Da infolge hiervon die Insertionspunkte der elastisch gespannten Stimmbänder einander genähert werden, so muss die Stimme tiefer werden, und ich glaube, dass das sogenannte Brechen der Stimme, zum Teil wenigstens, durch die genannte Antidrome erklärt wird. Da die männlichen Stimmbänder an sich stärker sind als die weiblichen, so wird bei ersteren die Antidrome in höherm Maasse zur Geltung kommen als bei letzteren.

Aus dem spiraligen Verhalten des Kehlkopfs und der Lungen dürfte sich die gleiche spiralige Drehung beider Luftröhrenhälften ergeben; vielleicht erhält auch hier die rechte Hälfte mit Linksspirale das Uebergewicht. Die Ausführungsgänge der Glandulae tracheales durchsetzen die Trachealschleimhaut in schräger Richtung und sind ausserdem spiralig gewunden.

Die Glandula thyreoidea ist in ihrem rechten Lappen linksspiralig, im linken rechtsspiralig angelegt. Mikroskopisch ist auch in dem Verhalten der Epithelien der Follikel spiralige Drehung zu erkennen. Die Epithelialzellen sind nämlich polygonal, wenig abgeplattet und an ihrem basalen Ende mit Fortsätzen versehen, welche schräg gegen die Innenfläche der Membrana propria gerichtet sind.

Den tentakelförmigen um die Mundöffnung gestellten Kiemen der Würmer (Bryozoen) kommt spiralige Windung zu. Dasselbe gilt von den bei den Chätopoden vorhandenen Tentakeln. Die Kiemen der Chätopoden sind ebenfalls und zwar in homodromem Sinne gewunden.

Die Leibeshöhle der Tracheaten und Protracheaten ist von einem luftführenden Röhrensystem durchzogen. Bei den Tracheaten ist dasselbe symmetrisch angelegt. Die Röhren bestehen aus einer äussern Zellschicht, die innen von einer Chitinhaut ausgekleidet wird. Letztere ist als eine Fortsetzung des äussern Integuments anzusehen. Sie ist nicht gleichförmig dick, sondern zeigt eine Verdickung in Form eines ins Tracheallumen vorspringenden spiraligen Fadens. Die Ausführungsgänge vieler Drüsen der Tracheaten besitzen ebenfalls dieselbe Chitinschicht mit dem Spiralfaden. — Nach der bilateral symmetrischen Anlage der Arthropoden muss ich annehmen, dass die Spirale des Spiralfadens auf der rechten Körperhälfte in entgegengesetztem Sinne gewunden ist, wie auf der linken Körperhälfte.

Die Tracheen der in der Luft und zugleich im Wasser lebenden Tracheaten, z. B. der Larven der amphibiotischen Pseudoneuroptern, sind im Innern des Körpers spiralig gewunden, ja selbst die Tracheenkiemen mancher Insekten (Ephemeriden, Perliden) zeigen bilateral entgegengesetzte Drehungen.

Bei den Brachiopoden haben wir in den spiralig eingerollten Fangarmen Organe, welche Kiemenfunktion besitzen. Dieselben sind, wie die

Fig. 23.



Festsitzender Brachiopode (Terebratulina) mit dem ausgestreckten linksspiraligen rechten, und dem zusammengezogenen rechtsspiraligen linken Fangarm.

nebenstehende Figur 23 zeigt, auf der rechten Seite linksspiralig, auf der linken rechtsspiralig gewunden.

Bei den Mollusken (Gasteropoden) ist die Kiemenhöhle infolge der spiraligen Gehäusewindungen einseitig asymmetrisch gelagert; diejenigen Mollusken, welche symmetrische Kiemen besitzen (Cephalopoden), zeigen in letzteren die bilateral entgegengesetzte Windung.

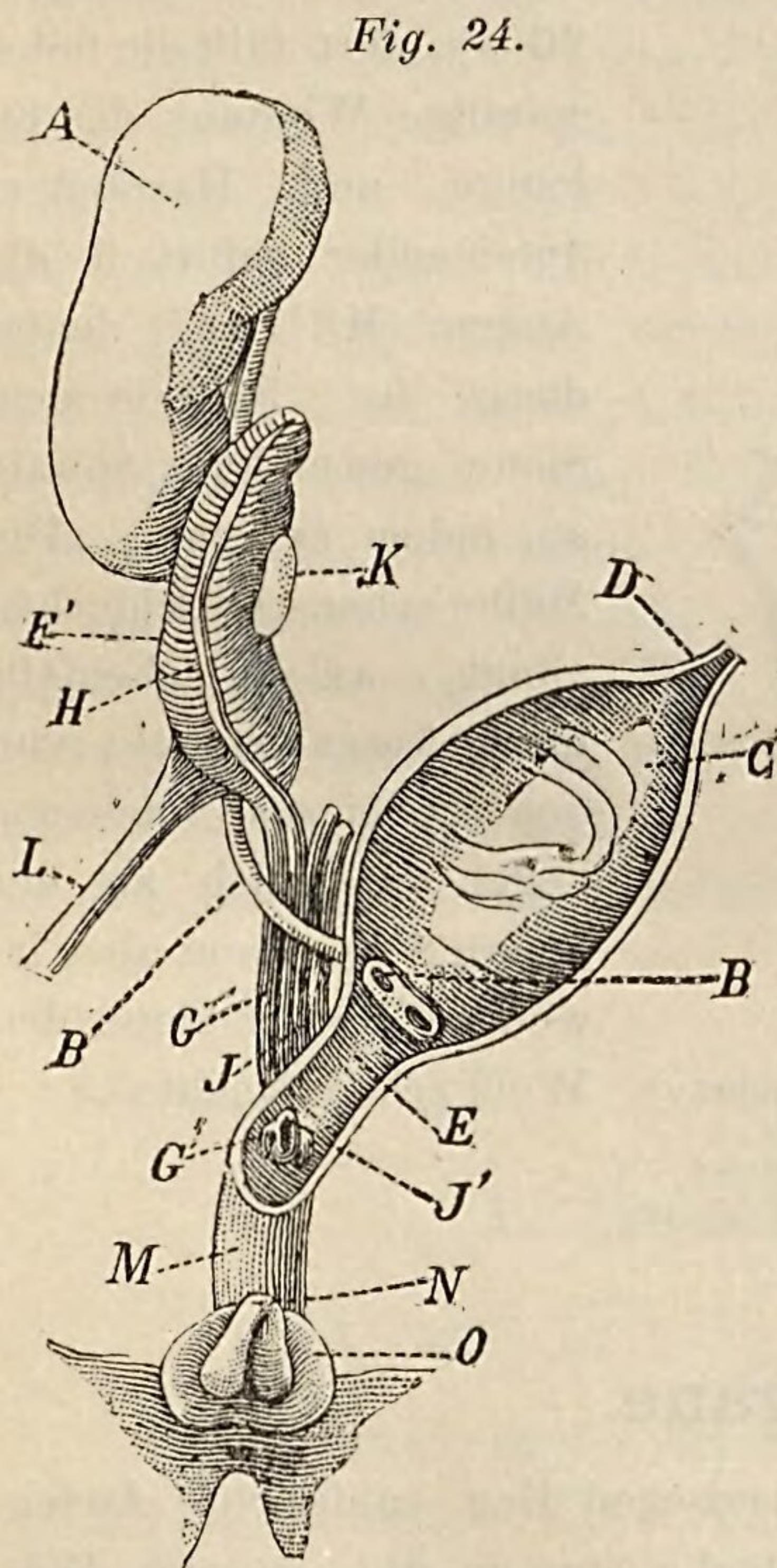
Auch der Schwimmblase der Fische kommt spiralige Windung zu und zwar die entgegengesetzte Windung beider Hälften und ihrer Aussackungen bei denjenigen, wo die Schwimmblase paarig angelegt ist (Dipneumones).

Kapitel VI.

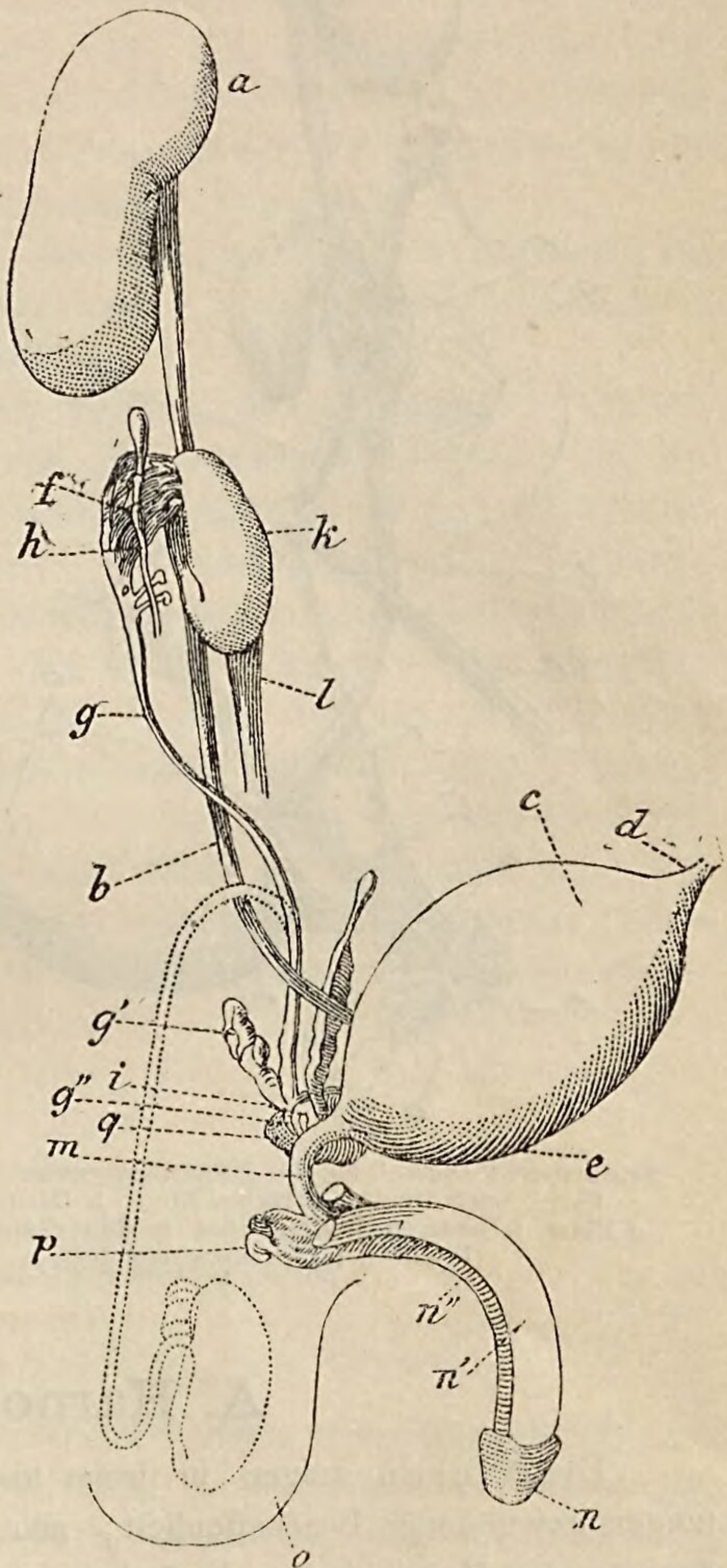
Harn- und Geschlechts-Organen.

Die Harn- und Geschlechtsorgane des Menschen und der höheren Tiere sind spiralig angelegt. In Figur 24 ist zunächst eine schematische Ueber-

Fig. 25.



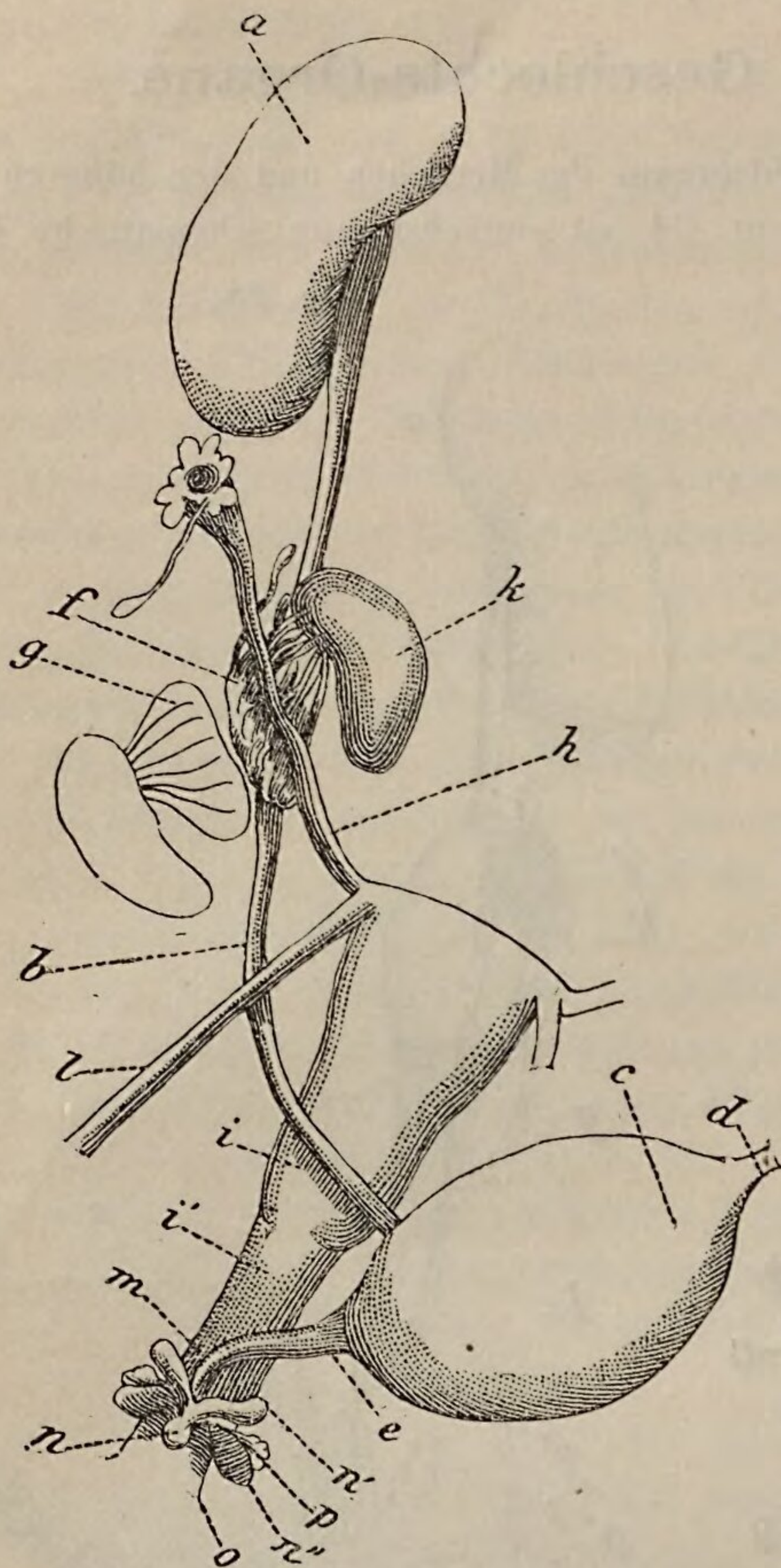
Schematische Darstellung des Urogenitalsystems im embryonalen Zustande; nach Henle. A rechte Niere, B Harnleiter, K Keimdrüse, G Ausführungsgang der Urniere, J vereinigte Müllersche Gänge.



Schematische Darstellung des Urogenitalsystems, männliche Form, nach Henle. k rechte Keimdrüse, f Urniere (Nebenhoden), g Samenleiter.

sicht des ganzen Systems gegeben. Man sieht, wie die Ausführungsgänge der Nieren (A) und der Keimdrüse (K) linksspiralig umeinander gewunden sind, d. h. der Harnleiter (B) geht in Linksspirale um die Ausführungsgänge der Geschlechtsdrüse herum. In der folgenden Figur 25 ist die schematische Dar-

Fig. 26.



Schematische Darstellung des Urogenitalsystems weibliche Form, nach Henle; a rechte Niere, b Harnleiter, c Blase, f Uterien, k Keimdrüse, h Müller'scher Gang (Eileiter), l Lig. uteri rotundum.

stellung der männlichen, in Figur 26 diejenige der weiblichen Harn- und Geschlechtsorgane wiedergegeben. In Figur 25 sieht man zunächst, wie sowohl vor als nach dem Descensus testiculi auf der rechten Seite, wie es die Figur zeigt, die links-spiralige Windung des Vas deferens und des Ureter erhalten ist. Dasselbe Verhalten waltet in Figur 26 ob, dort fällt die links-spiralige Windung des Eileiters und Harnleiters umeinander sofort in die Augen. Müller¹⁾ deutet diese in homodromem Sinne gewundene Spirale an, indem er sagt: „Die Müller'schen Geschlechts-gänge, welche ebenfalls ihren Ausgangspunkt von den Uterien nehmen, liegen anfänglich an der innern Seite, dann aber im weitem Verlauf hinter den Wolff'schen Kanälen.“

A. Harnorgane.

Die Nieren zeigen in ihrem histologischen Bau zahlreiche Andeutungen gewundener Beschaffenheit; man denke nur an die enormen Windungen der Malpighischen Knötchen und ferner an die gewundenen und

1) P. Müller, deutsche Chirurgie, Lieferung 55, S. 194, 1885.

torquierten Harnkanälchen. Makroskopisch gewinnt es an dem Nierendurchschnitt häufig den Anschein, als seien die Nierenpyramiden gedreht; ferner scheinen auch die Blutgefäße in langgestreckten Spiralen in die Nieren hinein zugehen. Der Nachweis, „wie gewunden“ die Malpighischen Knötchen und die gewundenen Kanälchen verlaufen, ist in Anbetracht der Kleinheit der Teile sehr schwer zu erbringen. Die Nieren der Vögel liegen der Wirbelsäule und den unteren Rippen so fest an, dass sie tiefe Einschnitte von den Rippen erhalten, dadurch gewinnt ihre Oberfläche die spiralige Beschaffenheit der Rippen.

Die Exkretionsorgane der Würmer, welche ihrem Sekret nach den Harnorganen der höheren Tiere an die Seite gestellt zu werden pflegen, bieten die mannigfachsten Windungen dar. Bei den Ringelwürmern sind sie knäuel- oder schleifenartig zusammengerollt (Schleifenkanäle). Letztere, welche bei den Scoleinen zugleich Ausführungsgänge für den Samen zu sein scheinen, besitzen ebenfalls zahlreiche spiralige Windungen.

Dem Ureter des Menschen kommt die homodrome Axendrehung zu. Spritzt man eine Flüssigkeit durch den Ureter, so pflegt dieselbe homodrom torquiert am andern Ende herauszuströmen.

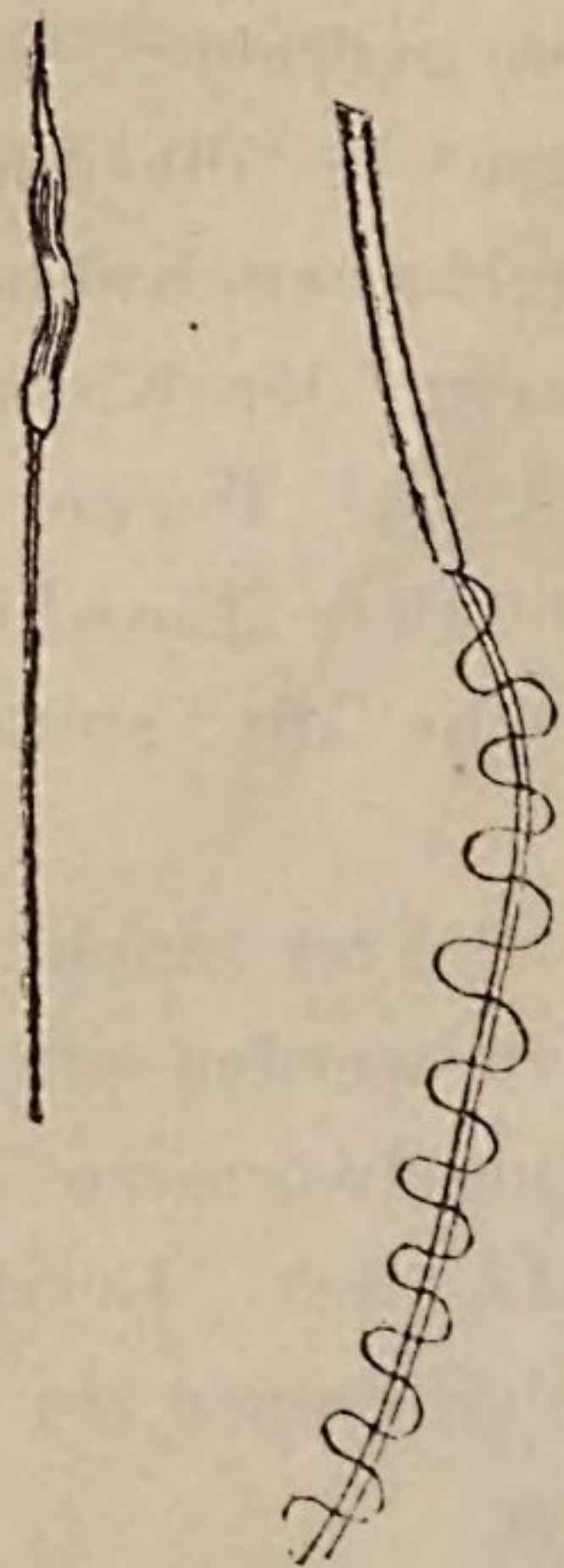
Die Muskelschicht des Ureters setzt in schrägen Spiralen auf die Blase über; letztere setzt sich aus einer rechten und linken Hälfte mit entgegengesetzten Spiraldrehungen zusammen und besteht die Möglichkeit, dass der Blase durch das Ueberwiegen der einen oder andern Drehungsrichtung eine im Sinne der überwiegenden gewundene spiralige Beschaffenheit auch in der andern Hälfte verliehen wird. Dasselbe kann von der Harnröhre angenommen werden. Aus der Art der Torsion des aus der Harnröhre hervorstehenden Urins kann ein Rückschluss auf die Art der spiraligen Drehung der Harnröhrenwand gemacht werden. In der Regel zeigt der Urinstrahl Linkstorsion, so dass demnach die rechte Hälfte der Harnröhre mit Linksdrehung die Oberhand zu haben scheint. Die Glandulae urethrales haben gewundene Ausführungsgänge, welche in schräger Richtung zur Oberfläche der Harnröhrenschleimhaut aufsteigen.

B. Geschlechtsorgane.

1) Männliche Geschlechtsorgane.

Der Hoden besteht aus einer bindegewebigen Grundlage mit zahllosen gewundenen Kanälen darin; die den Hoden versorgende im Samenstrang liegende Arteria spermatica ist spiralig gewunden; der Nebenhoden zeigt wiederum gewundene Kanälchen in grosser Menge, welche sich schräg übereinanderschlagen und überkreuzen; ferner ist das Vas deferens besonders in seinem Anfangsstücke in zahlreiche Windungen gelegt; spritzt man

Fig. 27.



Samenfaden vom Sperling mit spiralig gewundenem Kopf und von Salamandra maculata mit einer undulierenden Membran, welche das Mittelstück spiralig umgibt.

Flüssigkeit durch das Vas deferens, so kommt dieselbe in der Regel mit homodromer Torsion zum andern Ende heraus. Der ganze Samenstrang scheint homodrom gedreht zu sein. Weiterhin finden wir die acinösen Drüsen der Prostata mit gewundenen Ausführungsgängen versehen. Die Blutgefäße des Penis haben stark gewundenen Verlauf, die Vasa helicina sind korkzieherartig gedreht u. s. w. — Aber auch die Samenfäden zeigen gewundene Beschaffenheit. Krause¹⁾ sagt, dass die Schwänze der Samenfäden in den Samenkanälchen leicht spiralig gedreht sind. Die Bewegungen der Samenfäden, wenn dieselben mit dem Kopf gegen einen Fremdkörper (Zelle u. dergl.) anstossen, sind spiralig bohrende; bei Vögeln ist der Kopf des Samenfadens korkzieherartig gewunden, bei Salamandern und Tritonen ist das Mittelstück von einer undulierenden Membran spiralig umgeben u. s. w. (siehe Fig. 27).

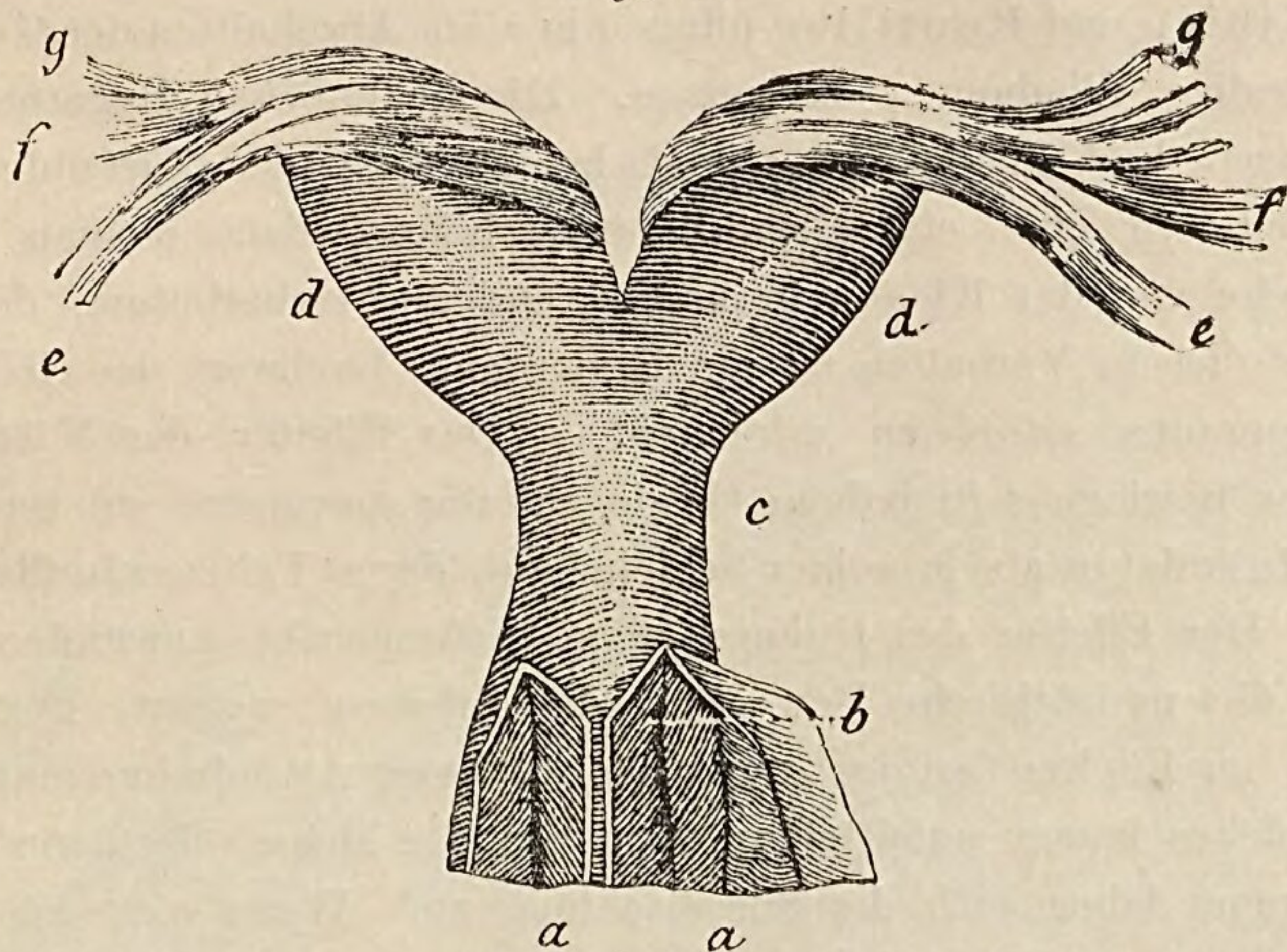
2) Weibliche Geschlechtsorgane.

Im Eierstock des Menschen sind sämtliche Faserbündel ein wenig schräg zu ihrer Hauptrichtung geordnet und sie verlaufen spiralig. Die Arterien gehen in den Hilus ovarii hinein und erstrecken sich gewunden im lockern Gewebe der axialen Platte; ihre in die Marksubstanz eindringenden Aeste behalten in ihren feineren Verzweigungen bis zur Rinde hin ihre korkzieherartigen Spiralwindungen bei. — Der Eileiter des Menschen ist homodrom gewunden, seine Arterien verlaufen stark geschlängelt oder spiralig; dasselbe thun auch die Blutgefäße der breiten Mutterbänder, welche zudem zahllose schraubenartig gedrehte Umhüllungsfasern besitzen. — Das Ligamentum uteri rotundum verläuft homodrom gewunden, seine sämtlichen glatten Muskelfasern zeigen Axendrehung. Aus diesem Verhalten darf man schliessen, dass auch der ganze Leistenkanal spiralig angelegt sei, zumal, wie oben bemerkt, der Samenstrang ebenfalls Torsion besitzt. Möglicherweise vollzieht sich der Descensus testiculi in einer langgestreckten Spirale, ja man darf bei der Entwicklung der Hernien vermuten, dass der durch die Bruchpforte oder den Bruchkanal gleitende Bruchinhalt unter spiraliger Axendrehung nach aussen tritt. — Die Muskeln der Eileiter und Mutterbänder setzen jederseits in homodromer Drehung auf die Gebärmutter über. Letztere besitzt in der rechten Hälfte linksspiralige, in der linken rechtsspiralige Axendrehung. Am besten übersieht man dies am

1) Krause, S. 259 s. Werkes.

Uterus bicornis und verweise ich auf Figur 28, aus welcher die homodrome Drehung beider Hälften ohne weiteres erkenntlich ist. Die Drüsenröhren des Uterus sind korkzieherartig gewunden. — Auch die Drüsenausführungsgänge der Vagina sind gewunden. — Ferner zeigen die Corpora cavernosa clitoridis homodrome Axendrehung. Die Milchdrüsengänge sind sämtlich spiralig gewunden.

Fig. 28.



Uterus bicornis mit seiner homodromen Axendrehung in beiden Hälften.

Gehen wir zu den niederen Tieren über, so finden wir die männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane der Würmer prachtvoll spiralig angelegt. Die Eierstöcke und Hoden der meisten Würmer sind schlauchförmig und spiralig gewunden. Die Eierstöcke der Hirudineen enthalten einen spiralig zusammengerollten Faden, an welchem die Eikeime sprossen. Der Uterus der Würmer pflegt vielfach gewunden zu sein. — Die Geschlechtsorgane der Arthropoden sind meist spiralig gewunden, am schönsten die männlichen Geschlechtsorgane der Copepoden, Isopoden und anderer Crustaceen, die weiblichen der parasitischen Copepoden, Protracheaten, Stomapoden u. s. w. Ferner verdienen die spiralig gedrehten männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane der Insekten und mancher Arachniden erwähnt zu werden. — In hohem Grade interessant sind die spiraligen Windungen der Geschlechtsorgane der Mollusken, z. B. der hermaphroditischen Gasteropoden; dort finden wir die Spiralforn in allen Abschnitten, in der Zwitterdrüse, in dem Zwittergang, in der Eiweissdrüse, in den Anhangsdrüsen, in dem Receptaculum seminis, in den Samenausführungsgängen, in der Rute und dem peitschenförmigen Anhang, im Uterus und in der Scheide. Aehnlich verhält es sich bei den Cephalopoden; unter anderm ist hier der Spermatophor zu nennen, welcher von einem langen spiralig gewundenen Bande durchzogen wird. Letzteres streckt sich, wenn es mit Wasser in Berührung kommt und drückt alsdann den samenumschliessenden Körper, der im vordern Abschnitt des

Spermatophor gelegen ist, zu dessen vorderer Oeffnung hervor. Die äussere Genitalöffnung der Gasteropoden sitzt seitlich in dem vordern Abschnitt des Körpers, in der Regel auf der linken Seite; die Tiere sind meist Zwitter und befruchten sich gegenseitig; bei diesem Akt wird die männliche Rute spiralig (meist rechtsspiralig) hervorgestreckt und in die Genitalöffnung des andern gegenseitig eingeführt. — Bei den Tunicaten finden wir ebenfalls vielfache Andeutungen spiraliger Beschaffenheit in den Geschlechtsorganen. — Die Amphibien und Reptilien pflegen in allen Abschnitten der Geschlechtsorgane spiralige Windungen zu zeigen. Die männlichen Begattungsorgane der Eidechsen und Schlangen zeigen im ausgestülpten Zustande auf der lateralen Seite je eine etwas spiralig nach hinten, dann median gerichtete Rinne, welche von der Kloake herkommt und zur Ueberleitung des Samens dient. Aus diesem Verhalten ist die homodrome Drehung des jederseitigen Begattungsorganes sofort zu erkennen. — Der Eileiter der Vögel pflegt zur Zeit des Eierlegens in hohem Grade spiralig gewunden zu sein, sowohl in seiner Muskulatur als in seiner Schleimbaut, deren Falten sämtlich spiralig verlaufen. Der Eileiter des Huhnes pflegt linksspiralig gewunden zu sein. Der durch die peristaltische Bewegung des Eileiters erzeugte Fortgang des Hühnereies im Eileiter erfolgt unter beständigen Axendrehungen, und das Eiweiss, welches immer unmittelbar an der Stelle abgesondert wird, wo das Ei liegt, nimmt daher auch die Spiralrichtung an. Wenn man ein aus dem Eileiter genommenes Ei in kaltes Wasser legt, so erscheint das erhärtete Eiweiss in Form spiraliger Blätter. Valentin¹⁾ hat bereits auf dieses Verhältniss aufmerksam gemacht. Da das Ei als träge Masse den spiraligen peristaltischen Bewegungen des Eileiters nur schwer folgen kann, so muss sich im vordern Abschnitt des Eies, vom Aequator zum spitzen Ende hin, links-spiralige Drehung des Eiweiss und auch der dortigen Chalazae ausbilden, während im hintern Abschnitt, vom Aequator zum dicken Ende hin, rechts-spiralige Windung eintritt. In der That lässt sich die entgegengesetzt spiralige Drehung der Chalazae an jedem Ei mit Leichtigkeit nachweisen und schon Purkinje hat dieselbe gekannt. Erwägt man nun weiterhin, dass der Embryo aequatorial auf dem Eie gestellt ist und seine linke Seite fast regelmässig dem dicken Eipole zuwendet, so ist sofort klar, dass die dortige rechtsspiralige Eiweissdrehung dem rechtsspiraligen Wachstum des Embryo zu gute kommt, ebenso wie auf der rechten Seite mit linksspiraligem Wachstum die links-spiralige Eiweissdrehung. — Die zahlreichen bilateral entgegengesetzten Windungen der weiblichen Geschlechtsorgane werden um so deutlicher, je mehr die rechte und linke Hälfte derselben, jede für sich getrennt sind. Mit grosser Deutlichkeit werden sie deshalb bei den Monotremen nachweisbar sein, ferner auch bei den Nagern, wo meist zwei Uteri vorhanden sind.

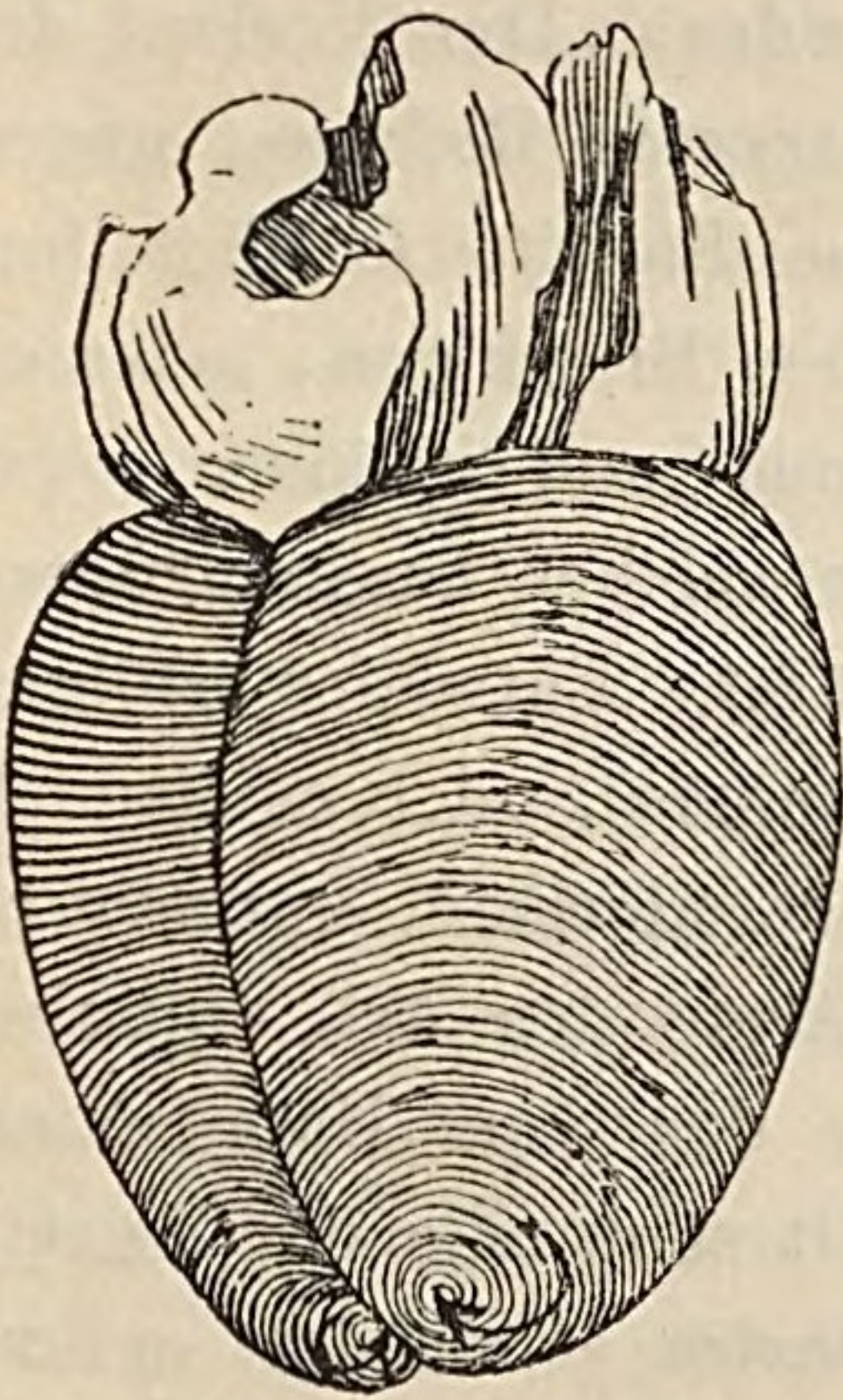
1) Valentin, Handbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen. Berlin 1835.

Kapitel VII.

Gefässsystem.

Das Herz des Menschen zerfällt in 2 Hälften, eine rechte und eine linke. Von diesen besitzt die rechte rechtsspiralige, die linke linksspiralige

Fig. 29.



Herz des Neugeborenen; linkerseits ist linksspiralige, rechterseits rechtsspiralige Wachstumsdrehung vorhanden.

Beschaffenheit. Am schönsten sieht man dies an dem Herzen des Neugeborenen, Figur 29. Die Linksspirale des linken Herzens ist eine vollkommen einheitliche, d. h. die ganze Muskelfaserung wirbelt in linksspiraligem Sinne der Spitze des linken Ventrikels zu, wo sie in dem Scheitel der Spirale, dem sogenannten Herzwirbel oder Vortex cordis, endigt. Die Rechtsspirale des rechten Herzens verhält sich in sofern anders, als hier eine untere Hälfte vorhanden ist, welche ganz analog dem Verhalten in dem linken Herzen in einem rechtsspiraligen Vortex an der Spitze des rechten Herzens endigt, während die obere Hälfte der Muskeln des rechten Herzens in Rechtsspirale nach oben gewendet ist. Dieser oberen Hälfte kommt jedoch kein eigentlicher Spiralscheitel zu, die Fasern schlagen sich vielmehr in Rechtsspirale umeinander.

Die linksspiralige Beschaffenheit des linken und die rechtsspiralige Beschaffenheit des rechten Herzens sind nicht etwa als falsche (antidrome) Drehungen aufzufassen. Unser Gesetz findet vielmehr in dieser Anordnung seine volle Bestätigung. Die beiden Herzen sind nämlich weiterhin im Sinne einer Rechtsspirale umeinandergedreht, wie man an jedem Herzen deutlich sehen kann. In Folge davon gelangt das rechte Herz nach links hin und das linke nach rechts hinüber. Entwicklungsgeschichtlich muss man deshalb daran festhalten, dass das linksspiralig gedrehte linke Herz ursprünglich der rechten Körperhälfte angehört, während das rechte Herz ursprünglich zur linken Körperhälfte zu rechnen ist.

Durch diese eigentümliche Windung beider Herzen umeinander sind die grossen Gefässstämme, Aorta, Lungenarterie und Lungenvenen in

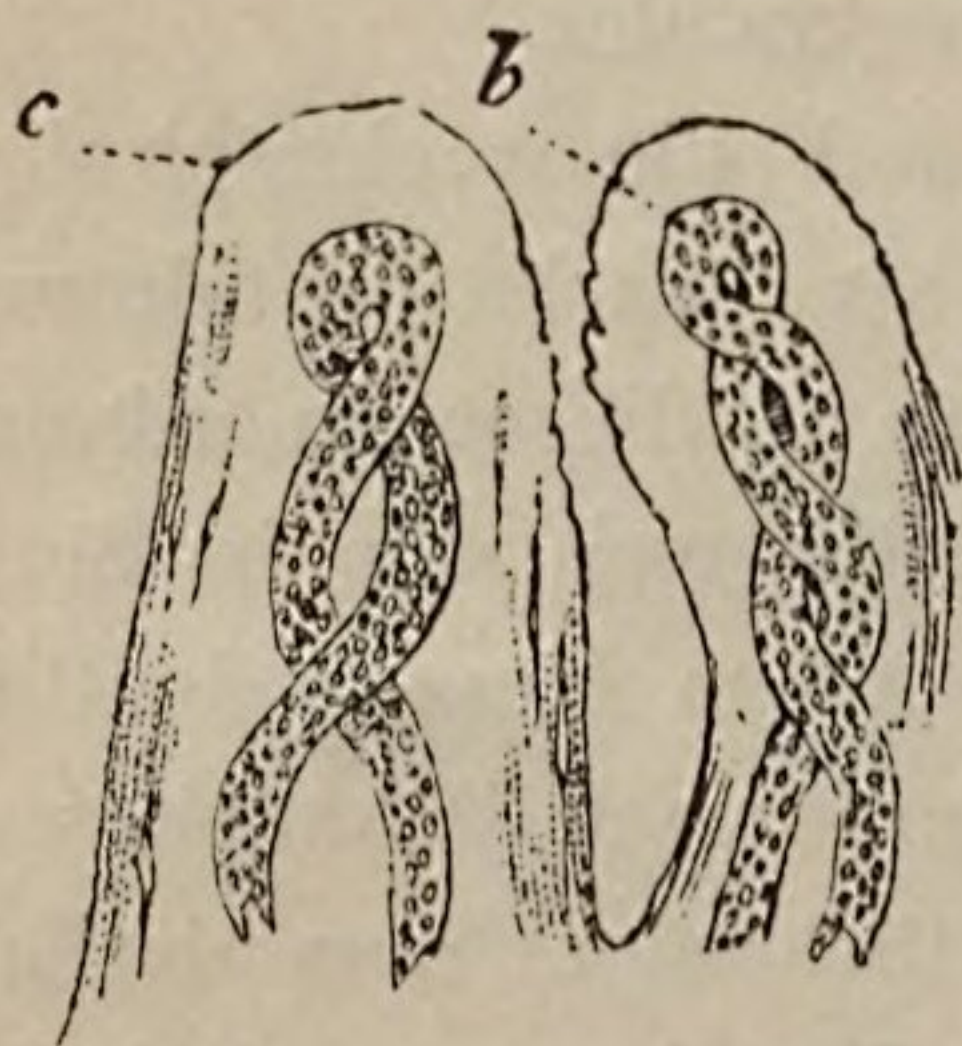
Rechtsspirale umeinander gedreht. Die Aorta beschreibt von ihrem Ursprung aus dem linken Ventrikel an eine grosse Rechtsspirale, welche sich durch den ganzen Aortenbogen fortsetzt und erst in der absteigenden Aorta unkenntlich wird.

Der Rückstoss des Blutes nach jeder Herzkontraktion muss nach den einfachsten Gesetzen der Physik das ganze Herz für einen Augenblick noch mehr in rechtsspiraligem Sinne drehen. Die natürliche Folge davon ist die, dass die Spitze des linken Herzens sich etwas mehr nach vorn kehrt und nun gegen die Brustwand anschlägt. Wäre dem nicht so, so wäre es undenkbar, dass die linke Herzspitze an der bekannten Stelle zwischen 5. und 6. Rippe anschläge, sie würde im Gegenteil entweder die Brustwand gar nicht erreichen oder, wenn letzteres der Fall, weit tiefer abwärts anschlagen.

Beiläufig erwähne ich, dass gerade die rechtsspiralige Drehung beider Herzen umeinander es ist, welche es dem weniger Geübten schwer macht, das Herz lege artis aufzuschneiden.

Was die grossen Gefässstämme anbetrifft, so zeigen dieselben in der Regel Axendrehung. Krause¹⁾ sagt hierüber folgendes: „Der Verlauf der grösseren Gefässstämme geht gemeiniglich in der kürzesten Richtung gegen die Organe, für welche sie bestimmt sind; vor dem Eintritt in dieselben verzweigen sie sich aber, und die kleineren Aeste machen Biegungen; indessen haben auch manche grössere Stämme einen gebogenen und kleinere sogar einen geschlängelten Verlauf, vorzüglich die Gefässe solcher Organe, deren Volumen und Lage häufigen Veränderungen ausgesetzt ist. Entweder erfolgen die Biegungen in derselben Ebene (*Art. profundae linguae*), oder es handelt sich um Spiralen (*Art. vertebralis*, *Rami spinales*, *Art. uterinae*, *spermatica interna*, *penis*, *clitoridis*, *nutriciae tibiae et humeri*, Aeste der *Art. digitales*, *volares*). Es kommt auch vor, dass die Ursprünge der vom Hauptstamm abgehenden Aeste in Spiraltouren um letztern gestellt sind, wie die Zweige oder Blätter mancher Pflanzen (*Arteriae pulmonales dextra et sinistra*, *mesenterica superior* . . .) In den kleinsten Arterien wird die vorher aus mehreren

Fig. 30.



Spiralig gewundene Gefässschlingen aus Papillen der Volarfläche eines Fingers.

Muskellagen bestehende Media dünner, ihre Kerne rücken mehr auseinander, sind hie und da spiralig gestellt u. s. w. . . nicht selten umgeben feinste elastische Fasern spiralig die Capillargefässe, z. B. in der Cutis . . . der scheinbar einfache Stiel der Steissdrüse enthält mehrere kleinere Arterien, Zweige der *Art. sacralis media*, Venen und Gefässnerven; die Arterien erweitern sich zu schlauchartigen gewundenen oder spiralig verlaufenden cylindrischen Kanälen . . . Die gewöhnlichen Papillen, Gefässpapillen, enthalten fast niemals mehr als eine einfache, spiralig gedrehte Gefässschlinge;

1) Krause S. 305, 312, 105 ff.; 323 s. Werkes.

(Figur 30) die Gefäßschlingen sind aufgedreht und deren beide Schenkel fast in derselben Ebene gelegen, wenn die Haut oder die einzelne Papille im Tode blutleer ist; dagegen spiralig, einfach oder doppelt, selten dreifach, torquiert, wenn die Hautgefäße natürlich oder künstlich stark injiziert sind. . . . Die Blutgefäße der Schweissdrüsen umgeben und durchziehen mit polygonalen Maschen den Drüsenkörper und umspinnen die einzelnen Windungen des Kanals.“

An diese Angaben lassen sich noch folgende anreihen:

1) Der Verlauf der Art. renalis und besonders der Abgang ihrer Aeste in die Niere hinein, welcher in spiraliger Axendrehung (spiraliger Stellung der Aeste) vor sich geht.

2) Die Art der Teilung der Carotis communis, deren Aeste sich leicht spiralig umeinander drehen.

3) Die Art. iliaca communis in ihrem Verhalten zum Ureter; beide drehen leicht spiralig homodrom umeinander.

4) Die Art. maxillaris inferior in ihrer Lage zum Unterkiefer.

5) Die Art. obturatoria in ihrer Lage zum Schambein.

6) Die Art. femoralis in ihrer Lage zum Oberschenkelbein.

7) Die Art. thyreoideae, Tibialis antica, profunda femoris u. a., welche in Spiralen laufen.

8) Die Art. pudenda communis, und dorsalis penis, welche wie die Corpora cavernosa penis und clitoridis in homodromen Spiralen drehen.

9) Die Capillaren in den Zotten der Plexus chorioidei des Gehirns, welche sämtlich spiralig torquiert sind.

10) Der Nabelstrang; dieser ist in der Mehrzahl der Fälle linksspiralig gewunden und zwar besitzt sowohl die Vene als die beiden Arterien Axendrehung. Die Arterien laufen in homodromer Drehung um die Vene herum und dazu kommt nun noch die Drehung des Nabelstrangs als Ganzes. Kölliker¹⁾ meint gewiss mit Recht, dass die Nabelstrangdrehung, welche bereits im zweiten Monat beginnt, wohl durch ein in Spiralen fortschreitendes Wachstum der Nabelgefäße erklärt werden könne, ähnlich wie bei den Ranken. Dahingegen muss die fernere Anschauung Köllikers, dass der gedrehte Nabelstrang sekundär den Embryo zu Drehungen veranlasse, zurückgewiesen werden. Der Embryo dreht den Nabelstrang, nicht der Nabelstrang den Embryo. Dass nachträglich, wenn der Embryo sich zu bewegen anfängt, mancherlei homodrome und antidrome Drehungen der Nabelschnur hinzutreten können, ist klar.

Die spiralige Beschaffenheit des Herzfleisches ist schon früher beschrieben worden. Lower nimmt, wie ich bei Henle²⁾ finde, für das rechte Herz 2 spiralig gekreuzte Schichten an. Nach E. H. Weber besitzt der rechte Ventrikel, ohne die netzförmige Lage, zwei fast quere, der linke Ventrikel vier Lagen, zwischen 2 in verschiedenem Sinne gewundenen Längs-

1) Kölliker, Entwicklungsgeschichte 1879. S. 343.

2) Henle, Eingeweidelehre, 1868. S. 62.

faserlagen 2 Querfaserlagen, von welchen die äussere links-, die innere rechtsgewunden ist.

Die Gefässe der niederen Tiere bieten ebenfalls zahlreiche spiralige Andeutungen dar. Die Seitengefässe der Würmer (Nemertinen) umziehen das Gehirn in der Regel in mehrfachen Windungen und bieten ferner in ihrem Verlauf vom vordern zum hintern Körperende zahlreiche Windungen dar. Dasselbe gilt von den zahlreichen Anastomosen, welche das Dorsal- und Ventralgefäss der Annulaten verbinden. Die herzartigen Erweiterungen, die man an diesen Queranastomosen findet, haben sogar spiralförmige Windung. Der dorsale Gefässstamm der Gephyren begleitet den Darm auf seinen zahlreichen spiraligen Windungen. Die Anordnung des Herzens der Mollusken (bes. der Cephalopoden) ist eine spiralig gewundene, welche sogar infolge einer schlingenartigen Krümmung dem Wirbeltierherzen nahe kommt. Das Herz der meisten Wirbeltiere zeigt, wie das menschliche, spiralige Beschaffenheit. Bei den Tieren, welche nur ein Herz besitzen, scheint demselben in der Regel die Rechtsspirale zuzukommen. Bei *Ceratodus* und *Protopterus* wird dieses Verhalten von Boas¹⁾ näher beschrieben und auch der Spiralklappen im Innern des Herzens derselben Erwähnung gethan.

1) J. E. N. Boas, über Herz und Arterienbogen bei *Ceratodus* und *Protopterus*, *Morphol. Jahrb.* Bd. VI, S. 321—354, 1880, mit 3 Tafeln.

Kapitel VIII.

Sinnesorgane.

A. A u g e.

Bei der Besprechung der Schädelknochen in Kapitel I wurde erwähnt, dass bei der Einstülpung, durch welche es zur Bildung der Augenhöhle kommt, die Wachstumsdrehung umgekehrt wird, sodass die eingestülpten Knochen, Teile des Stirnbeins, Oberkiefers, Siebbeins, Jochbeins und selbst das Thränenbein antidrome Drehung erhalten.

Wie verhält es sich nun mit den Weichteilen, welche die Orbita ausfüllen, vor allem mit dem Augapfel? Finden sich an denselben überhaupt Zeichen einer Axendrehung vor und welche?

Was nun zunächst die Wandungen des Augapfels anbetrifft, so gelten für dieselben, soweit sie als der Haut analoge Gebilde aufzufassen sind, also für die Sclera und Cornea, Choroidea und Iris, dieselben Verhältnisse, wie für die Haut. Die Gefässe und Nerven durchsetzen diese Wandungen stets in etwas schräger Richtung, ein Zeichen, welches auf Wachstumsdrehung hindeutet.

In der Choroidea finden wir als Zeichen der Wachstumsdrehung die *Venae vorticosae* und ihr Verhalten legt Zeugnis ab für die antidrome Drehung des Augapfels. Die vier Venen treten nämlich, wie dies Fuchs ¹⁾ nachgewiesen hat, zu je 2 und 2 so an den Augapfel heran, dass die beiden Venen des obern Paares zu beiden Seiten des vertikalen Meridians zu liegen kommen, jedoch nicht genau symmetrisch, sondern etwas nach innen verschoben, d. h. die äussere Vene liegt dem Meridian näher. Die Venen des untern Paares verhalten sich analog, d. h. entsprechend umgekehrt. In denjenigen Fällen, wo mehr als vier *Venae vorticosae* vorhanden sind, müssen entsprechende Verhältnisse obwalten. Aus diesen Verhältnissen geht hervor, dass das Auge sich bei der Entwicklung um eine von vorn nach hinten gehende (sagittale) Axe dreht und zwar rechterseits in rechtsspiraligem, linkerseits in linksspiraligem Sinne.

Gehen wir weiter zur Retina über, so finden wir, dass die Schichten derselben der Choroidea nicht genau senkrecht, sondern etwas schräge auf-

1) E. Fuchs, Beiträge zur normalen Anatomie des Augapfels; Archiv für Ophthalmologie Bd. 30, Abt. 4, S. 1, mit Tafel 1—5. 1884.

sitzen, ein Verhalten, welches auf Wachstumsdrehung hindeutet. Grade in der Retina haben wir jedoch noch andere Merkmale, welche auf spiralige Entwicklung schliessen lassen, nämlich:

1) Die Zapfenglieder enthalten in ihrem Innengliede das Zapfenelipsoid, den Fadenapparat; dasselbe wird von einem dichten Filz ausserordentlich feiner und vergänglicher Fäden gebildet, die in schrägen Spiralen durcheinandergeflochten sind.

2) Das Aussenglied der Stäbchen besitzt an seinem Cylindermantel ausserordentlich feine, etwas schräg gerichtete, Längsfurchen, welche durch die Protoplasma-Ausläufer der Pigmentzellen hervorgebracht werden.

3) Die grösseren Aussenglieder der Stäbchen von nackten Amphibien winden sich wie kleine Schlangen durch das mikroskopische Gesichtsfeld.

4) Die periphere Begrenzung der Aussen- und Innenglieder zeigt eine sehr zarte Längsstreifung, die durch Kanalisierung hervorgebracht wird, mittels der längs oder sehr wenig spiralig verlaufenden Eindrücke, welche an den Aussengliedern die Protoplasmafäden der Pigmentzellen, an den Innengliedern die Nadeln der Membrana reticularis bewirken.

5) Die Zapfenfasern durchsetzen in radiärer Richtung und in regelmässigen Abständen die Schicht der Stäbchenkörner. Sie sind wenig resistent gegen Reagentien, in Chrom- und Osmiumsäurepräparaten längsstreifig, abgeplattet, häufig leicht spiralig torquiert u. s. w.

6) Die der Membrana fenestrata choroidealwärts zunächst benachbarte flächenhafte Partie ist körnerfrei und es wird ihre bei schwächeren Vergrösserungen fein granulirte Beschaffenheit von den etwas gebogen oder spiralig verlaufenden Stäbchenfasern vorgetäuscht.

7) Die Kornfasern verlaufen in der Nähe der Macula lutea des Menschen nicht in genau radiärer Richtung, sondern etwas schräg, was bei Vögeln deutlicher hervortritt.¹⁾

Eine weitere Thatsache für die antidrome Drehung des Augapfels ist nun folgende:

Die Augenblasenspalte, welche bei der embryonalen Anlage des Auges nach unten gerichtet ist, gelangt im weiteren Verlauf des Wachstums an die Aussenseite von der Eintrittsstelle des Sehnerven; der Punkt, wo die letzte Schliessung sich befindet, wird durch die Fovea centralis markiert. Man sieht, dass hier eine für den von aussen nach innen einzustülpenden Augapfel rechterseits rechtsspiralige, linkerseits linksspiralige Axendrehung vorhanden sein muss. Vergegenwärtigt man sich ferner, dass der rechte Nervus opticus in homodromer (linksspiraliger) Drehung von innen nach aussen wächst, so ergibt diese Drehung ebenfalls ein Wandern der Augenblasenspalte von unten nach aussen, sodass sich beide im Augapfel vereinigende Drehungsrichtungen unterstützen. Krause²⁾ hat bereits das oben

1) Weitere mikroskopische Verhältnisse sehe man in Krauses Werke S. 157—170.

2) Krause, S. 152 s. Werkes.

geschilderte Wandern der Augenblasenspalte als wahrscheinlich auf einer Torsion des Sehnerven und Auges um ihre sagittale Axe beruhend bezeichnet, er gibt jedoch über die Art des Zustandekommens dieser Torsion keine Rechenschaft.

Die Linse des menschlichen Auges ist spiralig angelegt. Bekanntlich ist der hintere Linsenstern gegen den vordern verschoben, eine Thatsache, die auf die Wachstumsdrehung zurückgeführt werden muss. — Die mikroskopische Struktur der Linse deutet allerwärts auf spiralige Beschaffenheit derselben hin. Thomas entdeckte im Jahre 1851 an polierten Schliffen getrockneter Fischlinsen eigentümliche um zwei Zentren angeordnete Kurvensysteme. Brücke¹⁾ erklärte letztere für Durchschnitsfiguren der in Kurven doppelter Krümmung liegenden Linsenfasern. Es unterliegt keinem Zweifel, dass es sich hier um spiralig gekrümmte Linien handelt. Die v. Becker'schen interfibrillären Gänge, welche nichts weiter als Kurvensysteme von Linsenfasern sind, deuten gleichfalls auf spiralige Anordnung. Köl liker²⁾ spricht von eigentlichen Linsenwirteln, *Vortices lentis*; er war der erste, welcher den allmählichen Uebergang der Epithelzellen in Linsenfasern erkannte und abbildete. Für das zierliche Bild, welches diese Zellen mit ihren Kernen auf meridionalen Schnitten darbieten, hat v. Becker den Namen „Linsenwirbel“ erfunden. Wie ich bei Valentin³⁾ finde, hat dieser Forscher auch bereits gesagt, dass die Linse immer ein durchsichtiges, steifes und eigentümlich wie glasartig in unregelmässigen Wellenlinien brechendes Häutchen bildet, und dass die Linsenfasern Wirbel bilden. O. Becker⁴⁾ gibt von dem Verlauf der Linsenfasern eine Schilderung, welche diese Fasern als spiralig gekrümmt erscheinen lässt. Er sagt: „Jede Faser beschreibt eine Kurve doppelter Krümmung; die Faserenden biegen vorn und hinten in entgegengesetzter Richtung ein wenig um, um den Ansatz an die bekannten Nähte zu gewinnen“. — Ich selbst habe mich an den Linsen des Kalbes, welche in Alkohol gehärtet waren, überzeugen können, dass sämtliche Linsenfasern spiralige Krümmung besitzen.

Die Muskeln, welche den Augapfel bewegen, besitzen sämtlich eine in langgezogenen Spiralen verlaufende Axendrehung.

Auch an der *Conjunctiva* des Auges sind Andeutungen einer Drehung gegeben; die dünnwandigen bindegewebigen Ausführungsgänge der acinösen Drüsen der *Conjunctiva* an deren Umschlagsfalte gelangen nämlich in schräger Richtung zur *Conjunctiva*oberfläche.

An dem Sehnerven haben wir zwei Strecken zu unterscheiden, nämlich:

1) Brücke, Wiener Sitz.-Ber., Bd. VI, S. 286, 1851.

2) Köl liker, Handbuch der Gewebelehre, S. 693, 1867.

3) G. Valentin, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I, S. 633, 1842.

4) O. Becker. Zur Anatomie der gesunden und kranken Linse. Wiesbaden 1883, gr. 40, 14 Tafeln, S. 217.

1) Den Tractus opticus, d. h. die Strecke von den Ursprüngen des Nerven bis zum Chiasma. J. Stilling¹⁾ hat bereits den Nachweis geführt, dass den Wurzeln des Tractus spiralige Axendrehung zukommt, ohne dabei jedoch auf die Art der spiraligen Drehung, ob Rechts- oder Linksspirale, Rücksicht zu nehmen. Seite 16 seines Werkes sagt er: „die ungekreuzten Fasern liegen nicht so einfach im Tractus, dass sie in gleichmässig gestreckter Bahn verliefen, vielmehr schlingen sich viele Bündel in zierlichen Schleifen von der einen Fläche auf die entgegengesetzte. Bereits Hannover (das Auge, Leipzig 1852) beschrieb dieses Verhältnis und bezog es auf die Drehung des Augapfels während der Entwicklung. Auch die Fasern der Kommissuren (des Chiasma nervorum opticomum) machen ähnliche Drehungen u. s. w. S. 42: „Vom Chiasma an zieht der Tractus opticus weiter zentralwärts und wird dabei breiter und flacher. Dies Verhältnis ist beim Menschen wie bei den Säugetieren sehr deutlich, und man erhält durch die Vergleichung von Tractus und Sehnerv gewissermassen, da der letztere viel dünner, fester und rundlicher ist, als der erstere, den Eindruck, als ob ein starkes Tau, dessen einzelne Fäden fest zusammengeschnúrt sind, sich allmählich in eben diese Fäden auflöse“ S. 51: „diejenigen Fasern, welche die direkte Verbindung zwischen Tractus opticus und der grauen Substanz des hintern Vierhügels darstellen, schlagen sich in halb spiraliger Windung direkt auf die innere (obere) Fläche des Corpus geniculatum mediale u. s. w.!!“ In den Figuren 6 auf Tafel I, Fig. 3 auf Taf. II sind sodann die spiraligen Drehungen am Tractus opticus bildlich dargestellt; die Fig. 3 auf Taf. X gibt die richtige spiralige Drehung für die zum Corpus geniculatum laterale gehenden Fasern des Tractus opticus an. In Figur 6 auf Taf. VII ist sogar dem Nucleus oculomotorius die richtige spiralige Drehung zuerkannt. Soweit Stilling.

Meinen eigenen bisherigen Untersuchungen nach müssen wir den beiden Hauptportionen, aus denen sich der Tractus opticus zusammensetzt, verschiedene spiralige Drehung beimessen, und zwar der vordern Portion die homodrome, der hintern die antidrome Drehung. Letztere geht bekanntlich zu den antidrom gedrehten Corpora quadrigemina.

2) Den eigentlichen Nervus opticus vom Chiasma zum Bulbus oculi. Auf dieser ganzen Strecke ist homodrome Drehung vorhanden. Hier kann nun die Sache sich so verhalten, dass die aus dem Tractus opticus stammenden homodromen Fasern die Oberhand haben und somit den schwächeren antidromen ihre Wachstumsdrehung aufzwingen, oder aber die antidromen beiderseitigen Fasern gehen in der Kreuzung des Chiasma zur andern Seite hinüber, wo sie sich den homodrom gedrehten zugesellen. Bisher habe ich hierüber noch keine Klarheit erhalten.

1) J. Stilling, Untersuchungen über den Bau der optischen Zentralorgane, Kassel und Berlin 1882, mit 10 Tafeln.

B. N a s e.

Die antidrome Drehung der die Nasenhöhle begrenzenden und ausfüllenden Knochen, soweit dieselben Einstülpungen sind, ist in Kap. I erörtert.

Der Tractus olfactorius besitzt die homodrome Axendrehung.

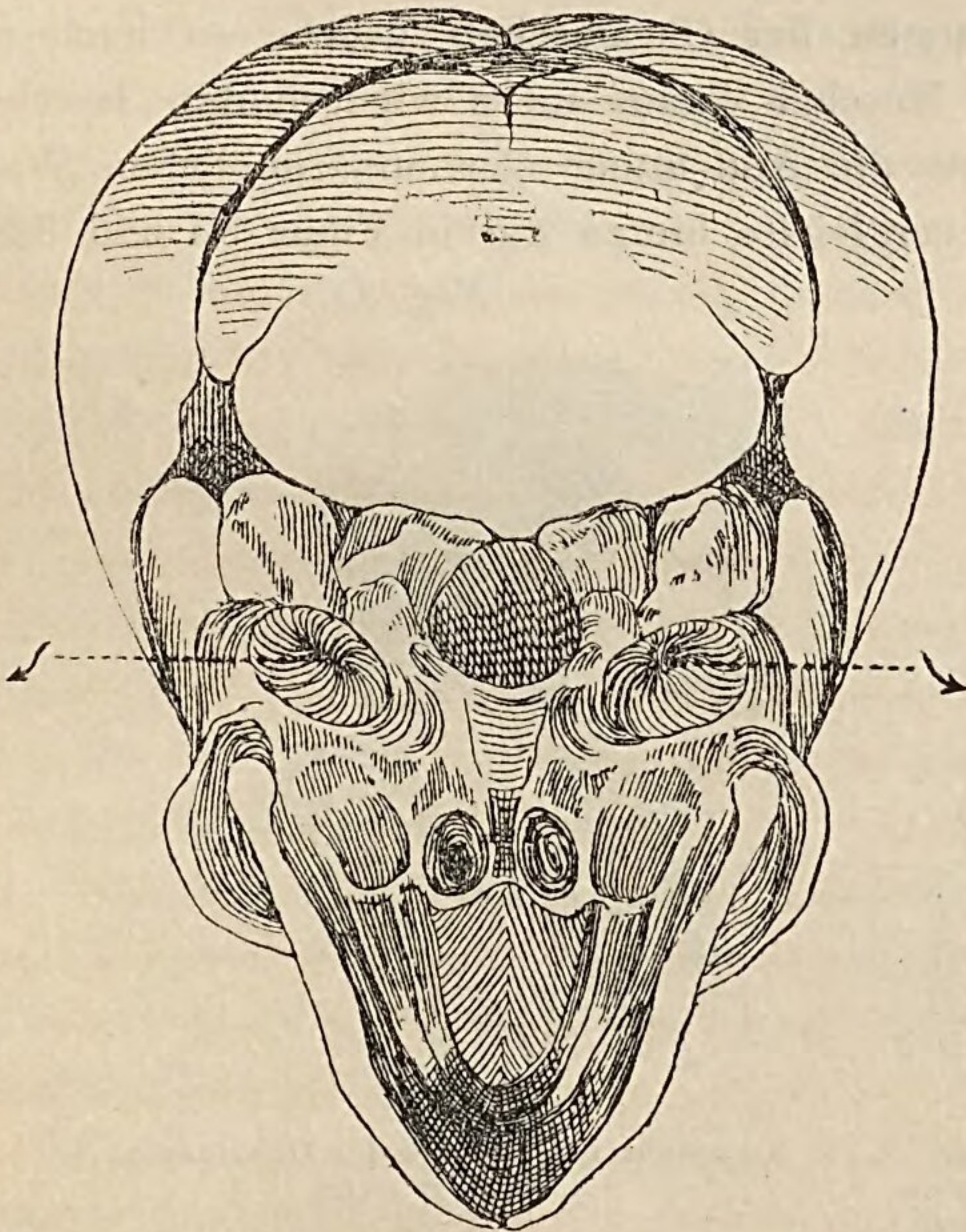
Die mikroskopischen Verhältnisse der Nasenschleimhaut und ihrer Schichten dürften ähnlich wie bei dem Sehorgan und der äussern Haut zahlreiche Erscheinungen spiraliger Wachstumsdrehung darbieten.

C. O h r.

Die antidrome Drehung des Annulus tympanicus, des äussern Gehörganges, der Paukenhöhle und Gehörknöchelchen, der Felsenbeinpyramide und des Ohrlabyrinths ist in Kapitel I besprochen. Die Ohrmuschel wird von dieser Antidrome derart beherrscht, dass auch sie antidrom gedreht erscheint. Dass die Weichteile des äussern Ohres und Gehörganges dieselbe Drehung besitzen, wie die zugehörigen Knochen, braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden.

Am Trommelfell finden wir die spiralige Axendrehung wieder (Fig. 31).

Fig. 31.



Schädel des Neugeborenen, von unten her betrachtet, um die Trommelfellspirale und diejenige des Annulus tympanicus zu versinnbildlichen.

Die Trommelfellfaserung wirbelt in einer Spirale, deren Scheitel im Ansatz des Hammergriffs liegt. Letzterer wird von der sogenannten zirkulären Faserlage in lauter Spiraltouren umwickelt. Da nun der ganze Hammer samt Griff antidrome Spiraldrehung besitzt, so wird man hieraus sowohl wie auch aus der antidromen Drehung des Annulus tympanicus auf die gleiche antidrome Drehung des ganzen Trommelfells schliessen dürfen.

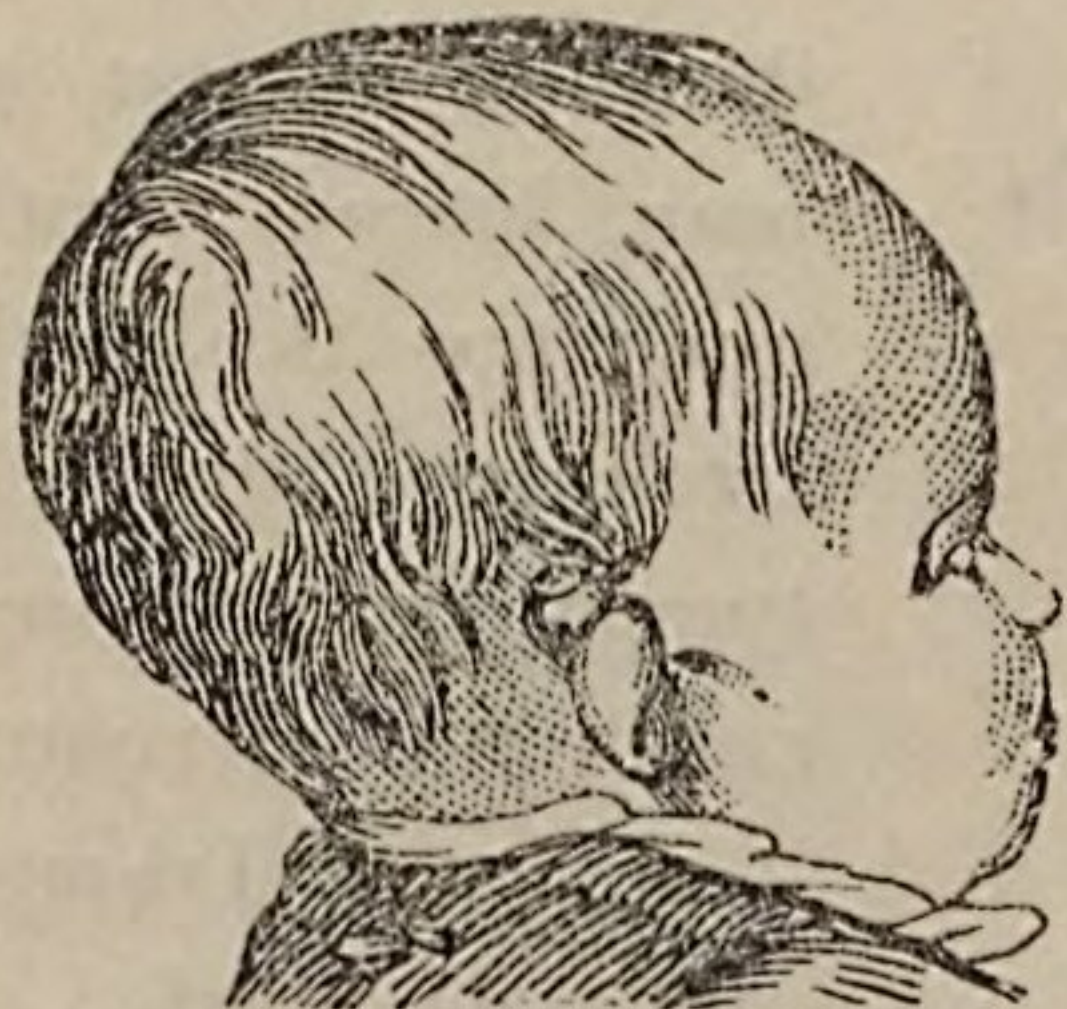
An den Weichgebilden des Gehörlabyrinths ergeben sich nun in noch auffallenderem Maasse als an den entsprechenden Weichgebilden des Auges zahlreiche Merkmale der Wachstumsdrehung und zwar der antidromen Drehung, wie sie den zugehörigen Knochen eigen ist.

Die langgestreckten Inoblasten der untern Lage der Lamina basilaris der Gehörschnecke haben ovale Kerne; die daraus gebildeten Faserzüge laufen in spiraler Richtung, d. h. der Spiralebene des Schneckenkanales parallel; das Vas spirale durchzieht den ganzen Ductus cochlearis in einer in demselben Sinne gewundenen Spirale, es ist ferner von einem spiraligen Lymphraum umgeben; In der Stria vascularis befinden sich zahlreiche gewundene Kapillargefässe; die feineren arteriellen Aeste innerhalb des Modiolus der Schnecke verlaufen korkzieherartig gewunden; die spiralen Nervenfibrillen, der von Hensen (1871) und Waldeyer (1872) entdeckte Spiralkörper der äusseren Deckzellen des Epithels im Ductus cochlearis, welcher nicht selten von einer in vier Spiraltouren um ihn herumlaufenden Spiralfaser umspinnen ist; die Anordnung des Nervenepithels der Schnecke (des Corti'schen Organs), welches auf dem Querschnitt des Ductus cochlearis als Papilla spiralis erscheint; das Ligamentum spirale externum und internum; die spiralige Beschaffenheit des Ganglion spirale u. s. w. — alle diese Verhältnisse deuten auf spiralige Entwicklung des ganzen Gehörorgans hin, und zwar ist die Art der Spiralwindung auf jeder Seite eine absolut einheitliche, d. h. rechterseits rechtsspiralige, linkerseits linksspiralige.

Bei den angeborenen Missbildungen des Ohres, den Bildungshemmungen wird sich die spiralige Wachstumsdrehung zwar vorfinden, aber unvollständig. Bildungshemmungen der Ohrmuschel, welche so hochgradig sind, dass man die Form der Muschel kaum mehr wiederfindet, lassen an dem missgestalteten Organ stets die Andeutung der ursprünglichen Wachstumsdrehung erkennen. Man vergleiche hierzu die in Figur 32 und 33 ab-

Fig. 33.

Fig. 32.



Einseitige Verkrüppelung der rechten Ohrmuschel mit Atrophie des Gehörganges. Nach Schwartze.



Katzenohr mit Stenose der Gehörgänge. Nach Schwartze.

gebildeten Ohrmuscheln. Das verkrüppelte rechte Ohr der Fig. 32 ist rechtsspiralig, das linke Katzenohr in Figur 33 linksspiralig gewunden, wie die Falten und Wülste dies deutlich erkennen lassen. Die mit den Bildungsfehlern des äussern Ohres verknüpften Fehler des mittlern und innern Ohres dürften sich im allgemeinen ähnlich verhalten.

Findet man, wie dies oft der Fall, mit mangelhafter Ohrbildung noch andere Bildungsfehler wie Coloboma iridis, Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalte, gespaltene Uvula, mangelhafte Bildung der Tuba Eustachii, Halskiemenfisteln, Nabelbrüche, Klumpfüsse, Blasenspalte u. dergl. vergesellschaftet, so wird man unwillkürlich zu der Annahme gedrängt, dass auch diese Fehler, zum Teil wenigstens, auf mangelhafter Wachstumsdrehung beruhen. — Zuweilen erscheinen gut ausgebildete Ohrmuscheln dislociert und haben ihren Sitz auf der Backe, am Halse oder auf der Schulter. So berichtet Wilde¹⁾ einen von Cassebohm beobachteten Fall von einem Kinde mit 2 Ohren an der gewöhnlichen Stelle und zweien tiefer am Halse. Leider konnte ich darüber, wie solche Ohrmuscheln an abnormer Stelle gewunden sind, keinerlei Angaben finden.

Dass mangelhafte Drehung im Annulus tympanicus Veranlassung zum Offenbleiben des Trommelfells in seinem oberen Teil geben kann, wurde im I. Kapitel erwähnt.

Die ganze Lehre von der spiraligen Wachstumsdrehung wirft ein interessantes Streiflicht auf das Krankheitsbild der angeborenen Taubstummheit und des Kretinismus. Die Erfahrung lehrt, dass bei diesen Zuständen Bildungshemmungen sowohl des äussern Ohres, als des Trommelfells, als des innern Ohres (zu wenig Windungen in der Gehörschnecke) beobachtet werden. Vermutlich wird die ganze Felsenbeinpyramide in jeder Beziehung mangelhaft gedreht sein in der äussern Form, den Flächen, der Faserung u. s. w. nach. Die von Virchow vertretene Ansicht einer prämaturnen Synostose, d. h. zu früher Verknöcherung der Knorpelsubstanz, durch welche das Längenwachstum des betreffenden Schädelknochens hintangehalten werde, deutet darauf hin, dass mangelhafte Entwicklung der ganzen Felsenbeinpyramide und somit der Schädelbasis überhaupt beobachtet ist. — Als charakteristisch für die Physiognomie der Kretinen führt man weiter an:

1) Weit abstehende Augen, grosse Breite der Augenhöhlen bei geringer Tiefe derselben, dabei nicht selten mangelhafte Entwicklung des Augapfels (Blindheit) und der Augenmuskeln (Strabismus). Sollte dieses Symptom sich nicht durch die Annahme mangelhafter Wachstumsdrehung erklären lassen? Die embryonalen Augenblasen stehen ursprünglich weit von einander ab; durch die spiralige Wachstumsdrehung werden sie nach vorn gekehrt, so dass der Parallelismus der Augenaxen hergestellt wird. Die geringe Tiefe der Augenhöhle lehrt, dass die schraubenartige Einstülpung mit ungenügender Kraft ausgeführt wurde.

2) Die aufgeworfenen Nasenflügel und die abgeplattete, abnorm breite Nasenwurzel, mangelhafter Geruchsinne und Geschmacksinne, welcher so weit geht, dass selbst die ekelhaftesten Speisen verzehrt werden. Auch diese Symptomengruppe lässt sich an der Hand der mangelhaften Wachstums-

1) W. R. Wilde: Praktische Bemerkungen über Ohrenheilkunde und die Natur und Behandlung der Krankheiten des Ohres. A. d. Englischen. Göttingen 1855.

drehung erklären. Trotzdem die Augen weit auseinander stehen, gelingt es den die Nase einstülpenden Kräften nicht, die Siebbeinlabyrinth an ihre richtige Stelle hinzudrehen, die Nasenwurzel bleibt abgeplattet.

Aber auch andere Bildungshemmungen, welche bei Kretinen beobachtet werden, Spina bifida, Hasenscharte, Klumpfuss, Verkrüppelung der Extremitäten überhaupt, dürften unter der Annahme mangelhafter Wachstumsdrehung das ganze Bild des Kretinismus unter einen einheitlichen Gesichtspunkt bringen als dies bisher möglich war. Vielleicht wäre sogar das Zurückbleiben des Beckens der Kretinen in einem mehr jugendlichen Zustande auf den Mangel genügender Drehkraft bei der Entwicklung desselben zurückzuführen.

Wenn es meiner Ansicht nach für die weitere Ausbildung der Lehre des Kretinismus von hohem wissenschaftlichen Interesse ist, die einzelnen Körperteile, besonders den Schädel und die Schädelbasis einer vergleichenden Prüfung in Bezug auf die Wachstumsdrehung nach den im Vorhergehenden entwickelten Gesichtspunkten zu unterwerfen, so dürfte eine in gleicher Richtung anzustellende vergleichende Untersuchung der Schädel verschiedener Menschen und Menschenrassen, ja eine Vergleichung der Schädel verschiedener Wirbeltierklassen untereinander dazu berufen sein, die Lehre von der Bildung und Entwicklung des Schädels und seines Inhaltes überhaupt zu fördern.

Kapitel IX.

Die Haut.

Legt man einen Schnitt durch die äussere Bedeckung, Haut und Unterhautgewebe, senkrecht auf deren Oberfläche, so wird man finden, dass die elementaren Teile derselben, welche von der Tiefe zur Oberfläche emporsteigen, Bindegewebsbündel, Muskelfasern, Nervenfasern, Gefässschlingen, Drüsengänge, Haare u. s. w. sämtlich in schräger Richtung, nirgendwo vollkommen senkrecht, emporsteigen. Dieses eigentümliche Verhalten ist bereits an der foetalen Haut zu finden und muss dadurch erklärt werden, dass die äussere Oberfläche der Haut sich während des Wachstums gegen die innere Oberfläche und die tiefern Teile überhaupt verschiebt, wie es auch an den in Kap. I besprochenen platten Knochen der Fall ist.

Ausser diesem für die Haut und für alle Schleimhäute giltigen Verhalten finden wir an der Haut nun spiralige Andeutungen in grosser Zahl.

I. Die Spannung der Haut und ihre Spaltbarkeit.

Dupuytren ¹⁾ fand, dass eine spulrunde Ahle, die in die Haut eingestochen wird, keine runde Stichöffnungen, sondern lineare Spalten erzeugt, deren Richtung an verschiedenen Körperstellen eine verschiedene ist. Weder er noch Malgaigne, ²⁾ welcher über denselben Gegenstand arbeitete, vermochten allgemein gültige Regeln für dieses Verhalten zu finden. Langer ³⁾ kam zu genauern Resultaten. Das Bindegewebsgerüst der Haut besitzt nach ihm eine netzförmige Anordnung in Form eines ausgespannten Gitterwerks. Die Maschen desselben sind meist diagonal verlängert in Form von Rhomben. Je enger die Maschen, desto mehr bekommen die Faserbündel eine parallele Anordnung und gruppieren sich zu Zügen, welche teils gürtelförmig, teils in Spiralen den Rumpf und die Glieder umspinnen. Bei Neugeborenen bilden die Stichreihen mit spulrunder Ahle am Rumpf und an den Gliedern quere

1) Dupuytren, Ueber die Verletzungen durch Kriegswaffen. Aus dem Französischen 1836. S. 27.

2) Malgaigne, Traité d'anatomie chirurgicale, I. p 76, 1859.

3) C. Langer, Ueber die Spaltbarkeit der Cutis. Wien. Sitz.-Berichte, math.-naturw. Klasse. Bd. 44, S. 21. Wien 1861. — Ders., die Spannung der Cutis, ebenda Bd. 45, S. 185 f. 1862.

oder schiefe Gürtel; im Knabenalter und beim Erwachsenen sind an den Gliedern die Gürtel gestreckt und gestalten sich dadurch zu längern oder kürzern Spiraltouren u. s. w. Alle diese Spaltrichtungen, sagt Langer, sind von dem Faserverlauf des Bindegewebes der Haut abhängig. — Wie die Spiraltouren um die Körperteile herumlaufen, ob rechts- oder linksspiralig, ist von Langer nicht angegeben. — Braune und Flügel fanden ¹⁾, dass die Haut bei den Radiusbewegungen eine Spannung erfährt, die in Spiraltouren von oben nach unten um einen Kegelmantel läuft, dessen Spitze am Capitulum radii, dessen Basis am Handgelenk liegt. Dies wäre mit anderen Worten eine homodrome Spirale, nämlich rechterseits eine linksgewundene, linkerseits eine rechtsgewundene. Bei den vierfüssigen Tieren, deren Radius in Pronationsstellung fixiert ist, würden sich diese Verhältnisse noch viel deutlicher zeigen müssen. Im übrigen stimmen Braune und Flügel mit Langer (1862) in Bezug auf die Hauptspannung überein.

II. Die Richtungslinien der Hautarchitektur.

Die verschiedenen auf der Hautoberfläche sichtbaren Linien sind schon oft Gegenstand spezieller Studien gewesen, ohne dass es gelungen wäre, in ihrem Verlauf ein bestimmtes Gesetz zu erkennen. Bichat ²⁾ teilte dieselben in fünf uns hier nicht weiter interessierende Kategorien. Purkyně fand, dass die Hautpapillen sehr häufig in Kreis- oder Spiraltouren gestellt sind, besonders an der Volarseite der Finger und Zehen; er führte eine Reihe von Bezeichnungen für die verschiedenen Bilder derselben ein, so den Amygdalus, Vortex dupplicatus, Spirula, Ellipsis, Circulus u. a. Wilson ³⁾ war der Ansicht, dass die sämtlichen Linien auf der Hautoberfläche durch die Bewegungen der Haut hervorgebracht werden. Gustav Simon ⁴⁾ gibt an, dass die Hauptlinien gewöhnlich zwischen den Mündungen der Haarbälge verlaufen und sich netzförmig kreuzen. Engel ⁵⁾ führte den Nachweis, dass die eigentümlichen Anordnungen der Hautpapillen auf der gleichen Anordnung der Faserzüge der Haut beruhen, sodass, wo die einen spiralig stehen, die anderen gleichfalls in dieser Weise angeordnet sind. Die Ansichten von Voigt über spiralige Entwicklung nicht nur der Haut, sondern der ganzen Extremitäten sind schon in Kap. III erwähnt. Oskar Simon ⁶⁾ hat sich

1) Wilh. Braune und Alfred Flügel, Ueber Pronation und Supination des menschlichen Vorderarmes und der Hand, mit Taf. IX. Arch. für Anatomie und Entwicklungsgeschichte, Leipzig 1882, S. 169—196.

2) Bichat, Allgemeine Anatomie, übersetzt von Pfaff. Leipzig 1803, II. T., II. Abt., S. 166.

3) Erasmus Wilson, A practical and theoretical treatise on diseases of the skin, 1842, p. 26. — Derselbe, On the management of the skin. London 1847. p. 8.

4) Gustav Simon, Die Hautkrankheiten durch anatomische Untersuchung erläutert, II. Aufl. 1851, S. 5.

5) Engel, Die Entwicklung der menschlichen Hand, mit 2 Tafeln. Wien. Sitz.-Ber. math.-nat. Kl., Bd. 20. 1856. S. 261—273.

6) Oskar Simon, Die Lokalisation der Hautkrankheiten, mit 5 Tafeln, Berlin 1873, S. 6 und 17.

bemüht, ein besonderes Gesetz für den Verlauf der Richtungslinien der Haut zu finden. Die tieferen Hautlinien grenzen nach ihm, indem sie sich durchkreuzen, Felder ab, welche an den meisten Stellen eine oblonge spindelförmige Gestalt haben. Ihre Längsrichtung ist keine beliebige, sondern für alle Individuen an derselben Körperstelle eine bestimmte. So sieht man sie an der vordern Axelfalte vertikal aufsteigen und in kreisförmigen Gürteln über die Schultern verlaufen. Auf der Clavicula und in der vordern Brustgegend konvergieren sie von oben aussen nach innen zum Sternum, am Oberschenkel sind sie auf der innern Fläche dem Sartorius parallel u. s. w. Die genannten Richtungslinien nebst den zwischenliegenden oblongen Feldern, sagt O. Simon, sind der Ausdruck des gleichen Verlaufs der Bindegewebsfasern der Cutis, welche ebenfalls ein Maschennetz mit einer meist ausgesprochenen Längsrichtung der Maschen bilden. Die systematische Längsanordnung der Papillen ist auf die Längsrichtung der Bindegewebsbündel zurückzuführen. An den Volarflächen der Finger fand Simon die Richtungslinien meist in Spiralen, welche zwar an den einzelnen Fingern derselben Hand nicht immer in demselben Sinne gewunden sind, dagegen an entsprechenden Fingern der rechten und linken Hand stets in entgegengesetztem Sinne, d. h. bilateral symmetrisch. Ob jedoch die spiralige Anordnung der Tastpapillen an den Stellen des feinsten Gefühls etwa eine ähnliche Bedeutung hat, wie die spiralige Anordnung der Nervenendigungen im Gehörorgane und die von Voigt vermutete spiralige Anordnung der Nervenendigungen in der Netzhaut, darüber wagt Simon nicht einmal eine Vermutung aufzustellen.

III. Die Stellung und Richtung der Haare.

Osiander¹⁾ scheint der erste gewesen zu sein, der die Stellung und Richtung der Haare zum Gegenstand eingehenden Studiums machte. Seine Abhandlung steht mir im Original nicht zu Gebote. Leeuwenhoek und E. H. Weber²⁾ kamen zu dem Resultat, dass sowohl das Primär- als das Sekundärhaar des Foetus bei seinem schiefen Hervorwachsen von innen nach aussen die Epidermis nicht einfach durchbohrt, sondern manchmal sich in dem weichen Rete Malpighi eine Strecke weit horizontal vorwärts schiebe und dabei fortwährend spiralige Windungen mache. Diese allgemein bestätigte Beobachtung gilt auch für foetale Tierhaare. Eschricht³⁾ hat die Richtung der Haare am menschlichen Embryo von 6—7 Monaten genauer beschrieben und abgebildet. Nach ihm erscheinen die Wollhaare des Foetus in krummen gewundenen Linien geordnet, deren Valentin in seiner höchst

1) Osiander B., De homine quomodo formetur, continuae observationes, spectantes imprimis epidermidem, cutem et pilos fetuum, in den Commentationes societatis regiae scientiarum Goettingensis recentiores. Vol. IV. ad annum 1816.—1818. Goetting 1820.

2) in Meckels Archiv, 1827.

3) Eschricht, Ueber die Richtung der Haare am menschlichen Körper, mit Taf. III—V; Arch. f. Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin von Joh. Müller. Berlin 1837. S. 37—62.

willkommenen Entwicklungsgeschichte des Menschen als Spirallinien gedenkt. Sowohl die Haarbälge als die Haarbalgdrüsen haben in der foetalen Haut eine so schiefe Lage, dass man sie eher als wagerecht denn als senkrecht bezeichnen könnte. Durch dieses Verhältniss werde das von Leeuwenhoek und Weber beschriebene Fortschieben des Haares im Rete Malpighi begünstigt. Hierbei liege das Haar immer gekräuselt unter der Oberhaut, wie eine platte Haarlocke, also wie ein in derselben Fläche bleibendes Spiral. Die weitere Beobachtung Eschrichts ging dahin, dass die Haarbalgdrüsen und Haarbälge genau so gedreht sind, wie das Haar selbst, d. h. in derselben Spirale. Die Haarbälge und die Hautdrüsen liegen in ziemlich regelmässigen Linien geordnet dachziegelförmig aneinander, diese Linien verlaufen stets mehr oder weniger gebogen und bilden Figuren, die man als Ströme, Wirbel und Kreuze bezeichnen kann, die Benennung Spirale, meint Eschricht, scheinen sie nirgends zu verdienen. Die eigentliche Richtung der Haare gibt Eschricht auf den 3 beigegeführten Tafeln wieder. Er sagt, dass die Osiander'sche Beschreibung mit seinen Beobachtungen im allgemeinen übereinstimme und nur an einzelnen Stellen abweiche. Die Richtung der Haare macht er unter dem Bilde einer Strömung anschaulich und unterscheidet konvergierende oder sekundäre Ströme, bei welchen die Haarspitzen zu einander geneigt sind, und divergierende oder primäre Ströme, bei welchen die Haarwurzeln zu einander geneigt sind. Die Ströme sind sehr zahlreich. Auf dem Kopfe unterscheidet man ausser dem Scheitelwirbel den obern Stirnstrom, die beiden Schläfen- und Augenströme, den untern Stirnstrom, den Augenbrauenstrom, Wangenstrom u. s. w. Weiterhin folgt im Nacken der Nackenstrom, dann der Hals-, Brust-, Schulter-, Arm-, Handrückenstrom, am Rumpf der Seitenstrom, der vordere und hintere Mittelstrom, an den Beinen der äussere und innere Schenkelstrom, Fibular-Tibialstrom u. s. w. Eine genügende Erklärung für dieses eine gewisse Regelmässigkeit zeigende Verhalten konnte Eschricht nicht finden. — Ebensowenig Aufklärung brachte die Arbeit von Engel.¹⁾ Nunmehr folgte die vortreffliche Arbeit von Voigt.²⁾ Während Eschricht das ganze Phänomen der Haarrichtung „durch die in der Natur sich überall kundthuende Regelmässigkeit in der Anordnung der räumlichen Teile“ zu erklären suchte, stellte Voigt den Satz auf, dass dieses Phänomen sich durch das Wachstumsgesetz der Oberfläche des menschlichen Körpers, durch die Entwicklungsgesetze des Hautorgans selbst, sowie auch zugleich durch die Gesetze des Wachstums des in der Tiefe liegenden Skeletts und der zwischenliegenden Weichteile erkläre. Zur Erklärung der Anordnung der Haare in divergierenden Wirbeln, auf welche er die Ausströmungspunkte der verschiedenen Haarrichtungen zurückführt, wendet er das für das grosse

1) Engel, Ueber Stellung und Entwicklung der Federn, mit V Tafeln. Wien. Sitz.-Ber. mat.-naturw. Kl. XXII. Jahr 1856, S. 376—393.

2) Ch. A. Voigt, Abhandlung über die Richtung der Haare am menschlichen Körper, mit 2 Tafeln, Denkschriften der k. k. Akademie der Wissenschaften, math.-naturw. Kl. Wien 1857, Bd. XIII, II. Abt. S. 1—43.

Reich der Pflanzen bereits mathematisch nachgewiesene Gesetz der spiraligen und schraubenförmigen Anordnung der Triebe, Aeste, Zweige, Blätter, Warzen u. s. w. an. Die Giltigkeit dieses Gesetzes, sagt Voigt, habe noch an Ausdehnung gewonnen durch die erst in der neuesten Zeit hinzugefügten Beobachtungen, dass sich auch im Bau und Gefüge der Baumstämme die Spirale und Schraube in den aussen sichtbaren Windungen der Stämme und in der spiralen Richtung der Holzfaser nachweisen lasse. Dieses Gesetz wolle er auf den tierischen Organismus übertragen, und er stelle die Behauptung auf, dass sich dasselbe auch in der Bildung des Animalen werde nachweisen lassen; zunächst wolle er beweisen, dass es sich für die wirbelförmige Anordnung der Haare nachweisen lasse.

Voigt teilt dann die Oberfläche des Körpers nach den Strömungen und Wirbelbildungen in verschiedene Regionen ein, er unterscheidet mit Eschricht divergierende und konvergierende Wirbel, so z. B. einen Scheitel-, Augen-, Gesichts-, Ohr-, Achsel-, Leisten-, Steiss-, Nabel-, Penis-, Hals-, Ellenbogenwirbel u. s. w. Von den Wirbeln gehen Ströme aus, so ein Scheitel-, Augenbrauen-, Ohr-, Arm- u. s. w. Strom, ferner nimmt er mit Eschricht auch Kreuze an den Stellen, wo zwei Ströme aufeinanderstossen. Weiterhin beschreibt er selten vorkommende Wirbel beim Menschen und verschiedenen Haustieren, Hund, Rind, Pferd, geht auch auf die Federstellung bei den Vögeln, auf die Stellung der Stacheln der Echinodermen ein, welche er ebenfalls auf Wirbel und Ströme zurückführt.

Die Haare sind nun nach Voigt in den Wirbeln in krummen Linien gelagert und diese Linien sind Spirallinien. An jedem Wirbel, am leichtesten am Scheitelwirbel kann man sich davon überzeugen, dass die spiralen Windungen nicht von einem gemeinsamen Mittelpunkt, sondern von einer kurzen krummen, meist s-förmig gebogenen Linie ausgehen. Die Spiralen sind in dem einen Wirbel rechts-, in dem andern linksgewunden, mithin sind auch die divergierenden Wirbel selbst bald rechts- bald linkswendige; die rechtsgewundenen Wirbel kommen, meint Voigt, häufiger vor. Bei den paarigen zu beiden Seiten der Mittellinie ausgebildeten divergierenden Wirbeln kommen gewöhnlich an der rechten Körperseite linkswendige, an der linken rechtswendige Wirbel vor. Der unpaarige Scheitelwirbel ist öfter rechts- als linksgewunden. Bei den Seitenwirbeln kommen auch Ausnahmen vor, so dass man rechterseits rechtsgewundene Wirbel antrifft. — Bei der Beantwortung der Frage, wodurch die eigentümliche Anordnung der Haare in Spiralen bedingt sei, sagt Voigt auf Seite 39 seiner Arbeit, dass das Haar eine Bildung der Haarpapille sei, dass mithin in der in gleichen Abständen und spiral auftretenden Aufeinanderfolge der Anlage und Ausbildung der Haarpapillen das Bestimmende der Stellung der Haare in Spirallinien zu suchen sei, dass jedoch in den Bildungs- und Entwicklungsgesetzen der Nerven und Blutgefässe der innere Grund des Phänomens der spiraligen Haarstellung liege. Folgerichtig sucht nun Voigt an anderen Stellen des Körpers nach spiraligen Anordnungen der Nervenfasern

und findet solche im Gehörlabyrinth, vermuthet sie ferner im Sehnerven und der Retina, berührt auch die Windungen der Hörner des Rindes, Schafes u. a., und glaubt auch in den Tastpapillen der Haut spiralige Anordnung annehmen zu dürfen. Andeutungen darüber, dass die Axendrehung eine fundamentale Eigenschaft sowohl der pflanzlichen als tierischen Zelle sei, dass jedes animale und vegetabilische Gewebe unter Axendrehung zustande komme, gibt Voigt nicht; ebensowenig spricht er sich darüber aus, dass die linke Körperhälfte bilateral symmetrischer Wesen rechtsspiralig, die rechte linksspiralig angelegt sei.

Nach Voigt ist meines Wissens erst im Jahre 1873 eine kurze Mitteilung von Stewart¹⁾ gemacht, in welcher der spiralige Verlauf des Haarbalges durch die Haut hindurch bewiesen wird. Die Haarbälge der Kopfhaut des Negers sind nämlich viel länger als beim Europäer und laufen in Form fast eines Halbkreises gebogen.

Schwalbe²⁾ ist der Ansicht, dass neben den von Eschricht und Voigt angegebenen Regeln und Erklärungen für die Richtung der Haare jedenfalls auch die Lehre festgehalten werden müsse, dass sich die Haare, Schuppen der Fische, Federn u. a. im allgemeinen nach der der Bewegungsrichtung entgegengesetzten Seite entwickeln, so z. B. konvergierend zum Ellenbogen hin, da sie hier der Bewegung den geringsten Widerstand entgegenstellen.

Waldeyer³⁾ gibt nun mehrfache Andeutungen über die spiralige Beschaffenheit menschlicher und tierischer Haare. So sagt er, dass das Mark in gedreht verlaufendem Haar gewunden sei; in Fig. 19 auf Taf. III bildet er das Haar der Fledermaus ab, dessen Cuticula in prachtvollen (in der Figur rechtsgewundenen Spiralen) um den Schaft des Haares herumläuft; das Maulwurfhaar (Fig. 23 und 24 auf Tafel III) zeigt einen gewundenen Schaft, um welchen die Cuticula ebenfalls in langgezogenen Spiralen herumläuft. Das Haar des Negers wird als spiralig mit elliptischem Querschnitt bezeichnet u. s. w.

Ich glaube nun die Behauptung aufstellen zu dürfen, dass jedes Haar bei seinem Durchtritt durch die Haut, d. h. von der Haarpapille bis zur Oberfläche der Epidermis spiralig verläuft und dass jedes Haar von Anfang bis zu Ende Axendrehung besitzt. Krause⁴⁾ spricht dem in der Haut verlaufenden Teil des Haares spiralige Krümmung zu. Reisst man ein Haar aus, so bemerkt man, dass die weicheeren Zellen des Oberhäutchens nach Abstreifung der Wurzelscheiden umgeklappt oder umgerollt sind, ja ihre aufwärts gerichteten Kanten können spiraligen Fasern gleichen, die das Haar zu umspinnen scheinen. Die Zellen der äussern Wurzelscheide des

1) Stewart Ch., On the scalp of a negro, Monthly microscopical journ. Nr. 50, p. 54, 1873.

2) Schwalbe, im Korrespondenzblatt für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte 1878. S. 8.

3) Waldeyer, Atlas der menschlichen und tierischen Haare. Jahr 1884.

4) Krause, S. 108 s. Werkes.

Haares enthalten Kerne, welche gewöhnlich schräg zur Axe des Haares gestellt sind. Der feste Zusammenhalt der Rindenzellen des Haarschaftes wird durch zarte Längsriffe unterstützt, die in schräger Richtung an den Zellen verlaufen. Die Epithelien der Haare laufen dachziegelartig sich deckend in Schrauben um den Schaft herum u. s. w.

Meine weitere Behauptung ist die, dass die Haare der rechten Körperhälfte im allgemeinen in linksgewundenen, diejenigen der linken Körperhälfte in rechtsgewundenen Spiralen aus der Haut hervorkommen.

Zum Beweise hierfür habe ich zunächst zwei Präparate von foetaler Behaarung zu beschreiben, welche der pathologischen Sammlung (A. I 6 [2826] und 1082) angehören. Vorab gilt nun für die Haut und die Haare der Satz, dass ihre Drehungen nur stellenweise genau mit der Drehung der unter ihr in der Tiefe liegenden Muskeln und Knochen zusammenfallen, dass vielmehr die Haut in eigenen Spiralen dreht, oder, um mich anders auszudrücken, mit der Wahl ihrer eigenen Drehungsörter. Die Folge davon ist an manchen Stellen ein Widerspruch mit der Knochendrehung, der aber nur scheinbar ist. Die Ursache der Drehung der Haut in eigenen Drehungsörtern erklärt sich vermutlich aus der zeitlichen Differenz in der ersten

Fig. 34.

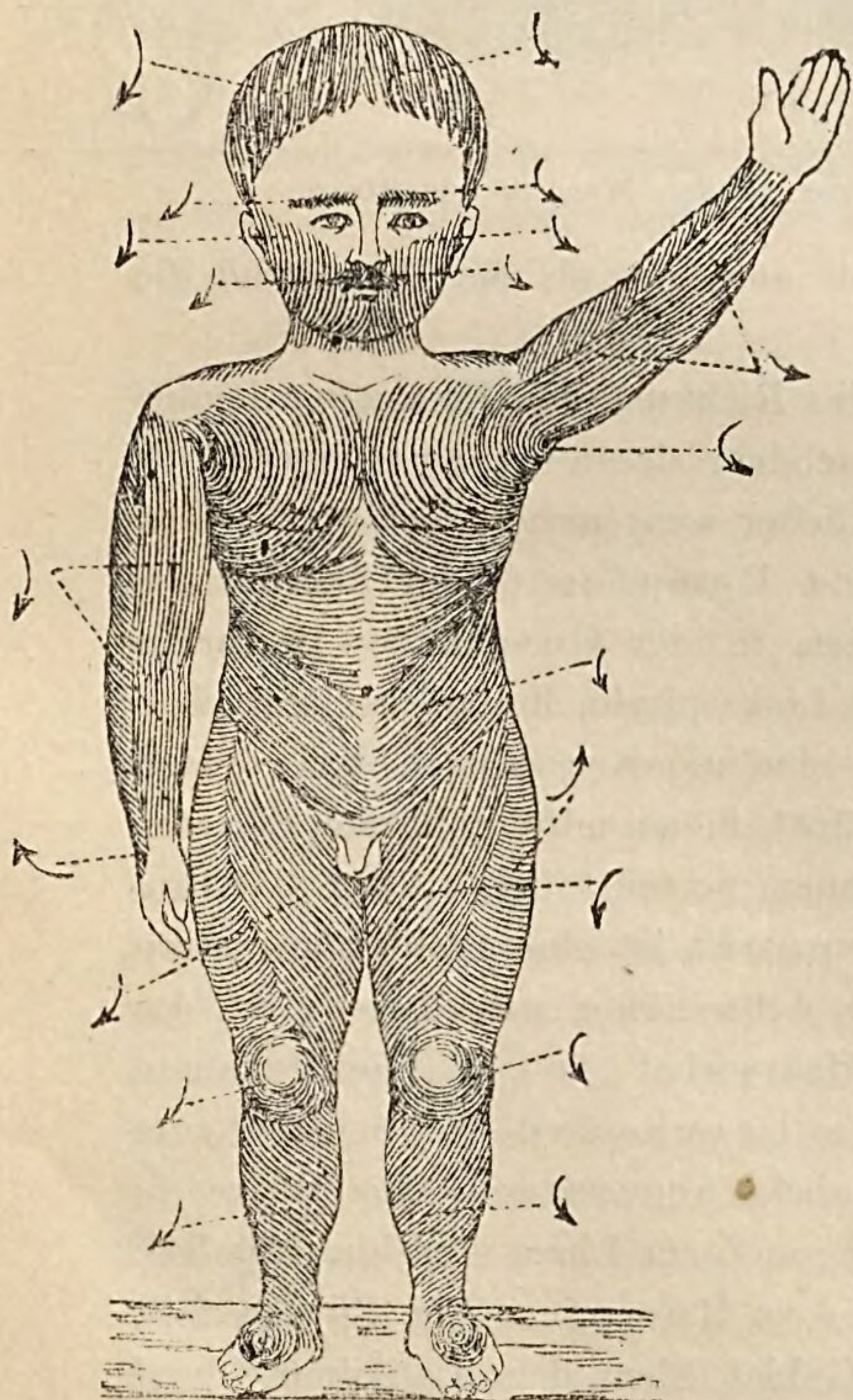


Fig. 35.

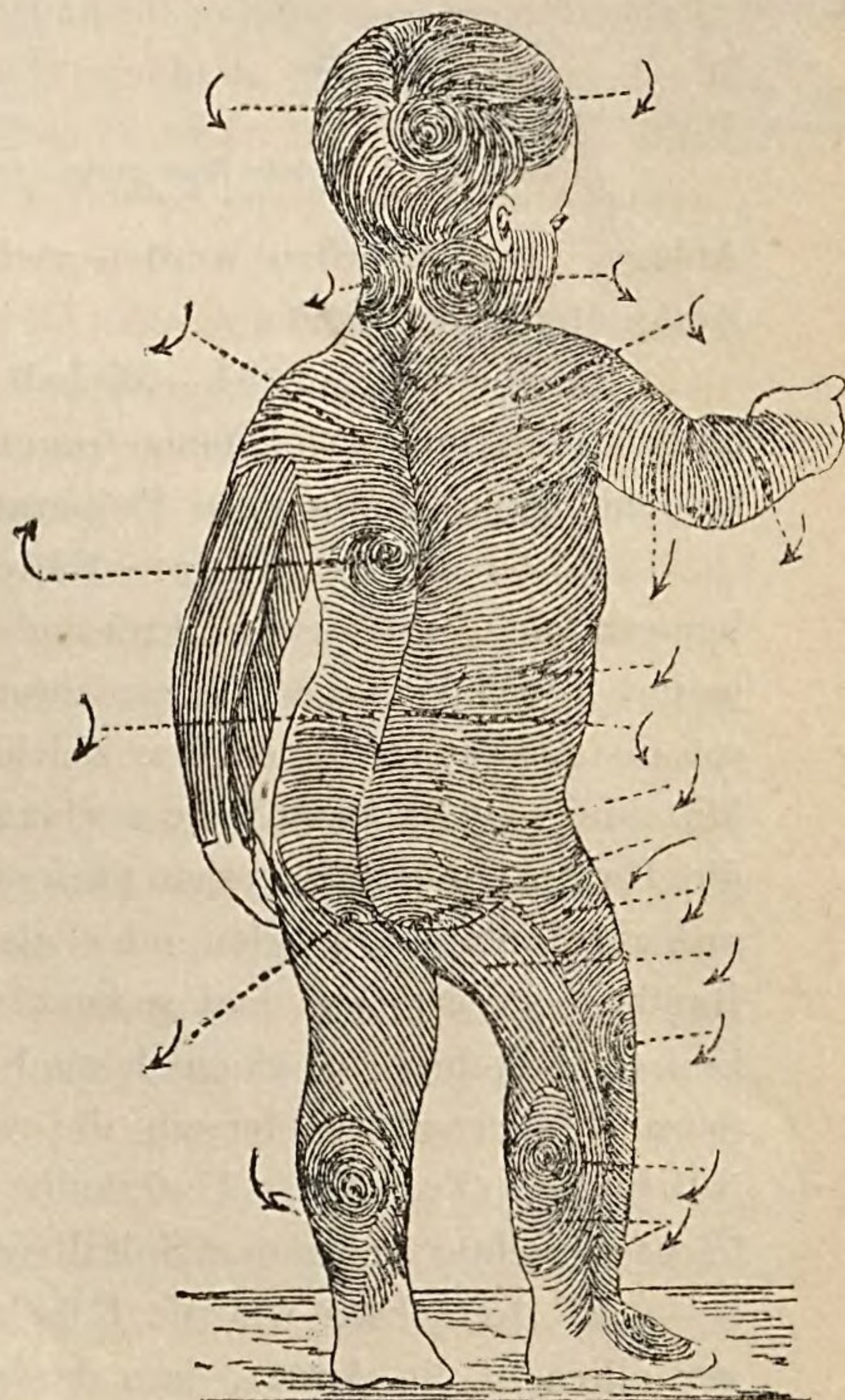
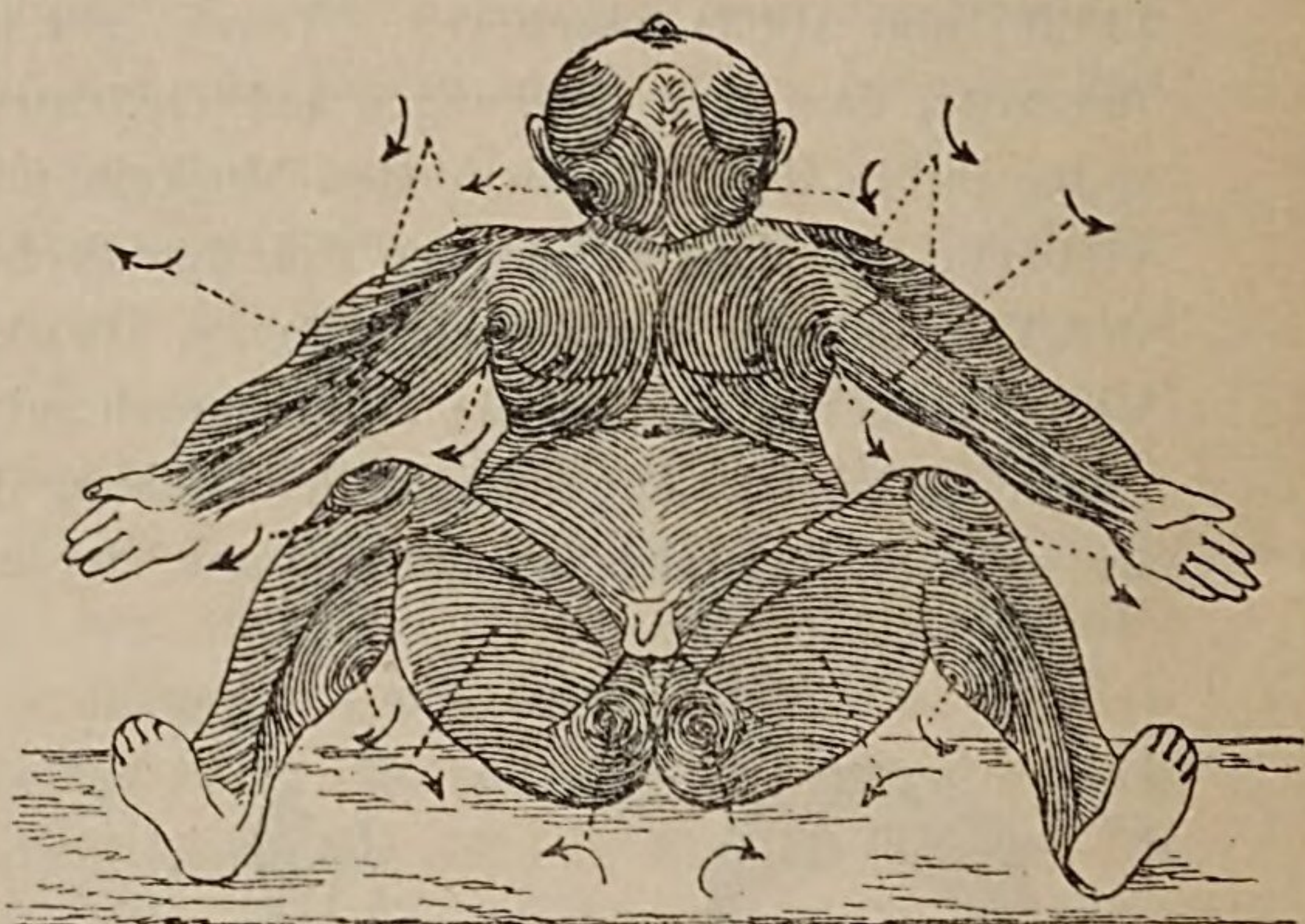
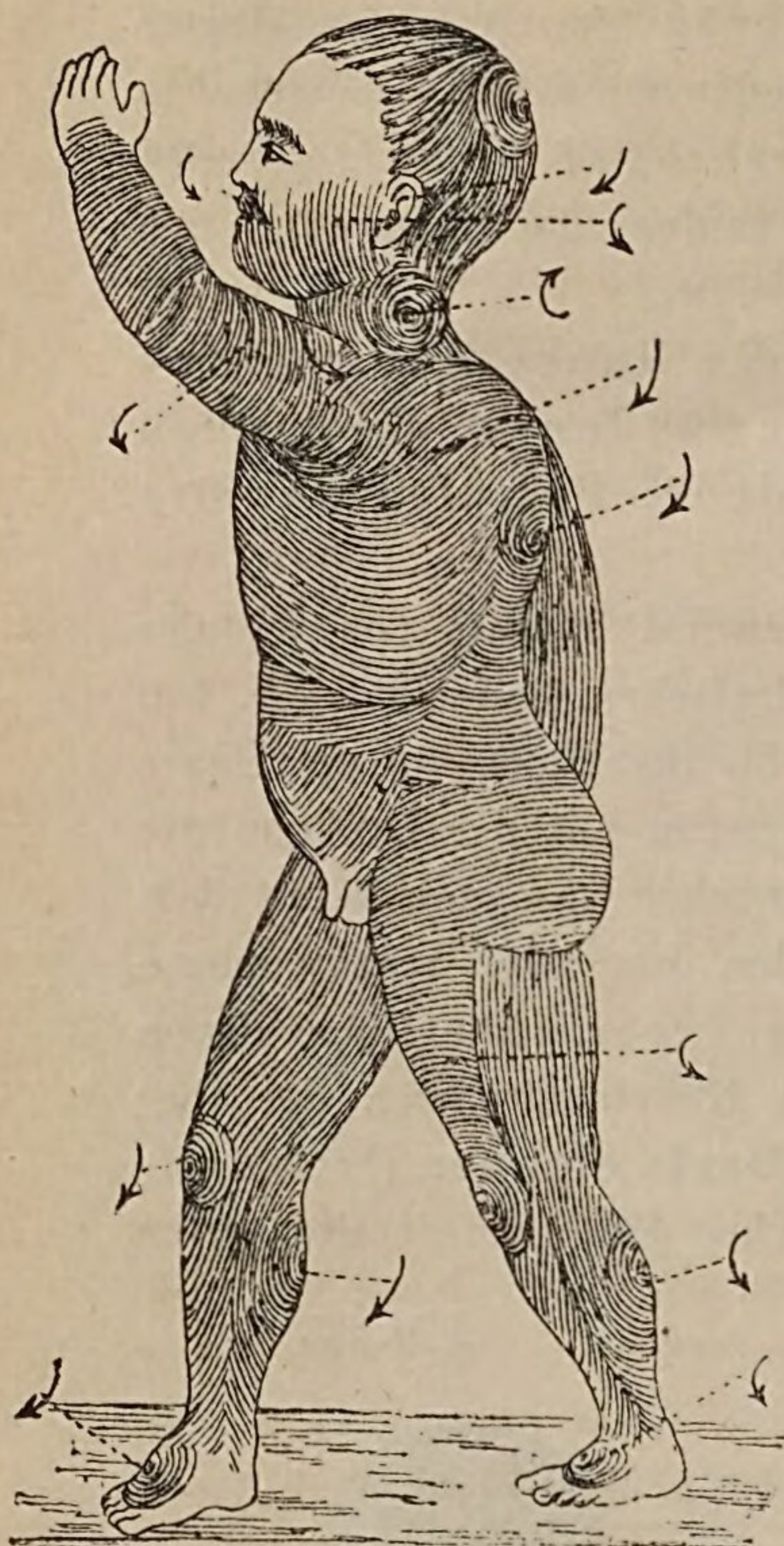


Fig. 36.

Fig. 37.



Figur 34—37 Foetale Behaarung. Drehungsorter bei dem Wachstum der Haare.

Anlage. Die Knochen werden viel früher angelegt als die Haare und die Bestandteile der Haut.

In den Figuren 34—37 habe ich die Richtung der Haare der beiden obigen Präparate zusammengetragen, je nachdem sie an den einzelnen Stellen in dem einen oder andern Präparate deutlicher ausgeprägt war:

1) An der vordern Fläche des Rumpfes (Figur 34 und 37) bemerkt man ein grosses kreisendes Gebiet, in der Gegend des Pectoralis major, in welchem die Haare rechterseits in Linksspirale, linkerseits in Rechtsspirale gestellt sind. In den Zeichnungen sind die Kreise nach der vordern Mittellinie zu etwas zu nahe aneinandergerückt, indem mitten auf dem Sternum die Haare von oben aussen nach unten innen gestellt sind. Als Spiralscheitel obiger Spiralen oder als Höhepunkt ist eine Stelle am untern Rande des Pectoralis major kurz vor der Achselhöhle aufzufassen, wo das kreisende Gebiet in einem homodromen Haarwirbel endigt. Die genannte Spirale beherrscht beiderseits die vordere Bauchwand bis beinahe zum Nabel hin (Fig. 34). Unterhalb des Nabels konvergieren die Haare in leichtem richtig drehendem Spiralbogen nach innen zur Linea alba hin (Fig. 34).

2) Betrachten wir die Rückseite des Rumpfes (Fig. 35), so fällt vor allem in die Augen, dass das ganze Gebiet über dem Latissimus dorsi

die antidrome Spiraldrehung besitzt, welche sich offenbar in derselben Weise erklärt, wie die Antidrome dieses Muskels selbst (siehe Kapitel II, Figur 20). Ferner ist der ganze Streifen seitlich von den Dornfortsätzen der Wirbel jederseits falsch gedreht, ebenso wie die in der Tiefe liegenden Dornfortsätze der Wirbel von der Schuppe des Hinterhaupts bis zum Kreuzbein antidrom gedreht sind. Die Folge davon ist die, dass sich die Haare in der Mittellinie des Rückens vom Kopf nach dem Steiss zu hinwenden und in dieser Richtung glatt streichen lassen. Auf dem Kreuzbein wird dieser antidrome Streifen breiter, so dass ein grosses Dreieck antidrome Drehung erhält, dessen Spitze etwa dem Dornfortsatz des V. Lendenwirbels, dessen Basis quer gelegt ist und etwa die hinteren Ränder der Hüftbeinpfannen mit einander verbindet.

3) Seitlich von den in 2 genannten Antidromen kommt nun das grosse homodrom drehende Seitengebiet, welches vom untern Rande des Latissimus dorsi bis zur Beckengegend reicht und nach vorn zu in die in 1 geschilderte Homodrome der Unterbauchgegend übergeht (Fig. 35 und 36). Dieser Uebergang ist in Figur 36 mit Absicht nicht angedeutet, um die drehenden Gebiete besser auseinander zu halten.

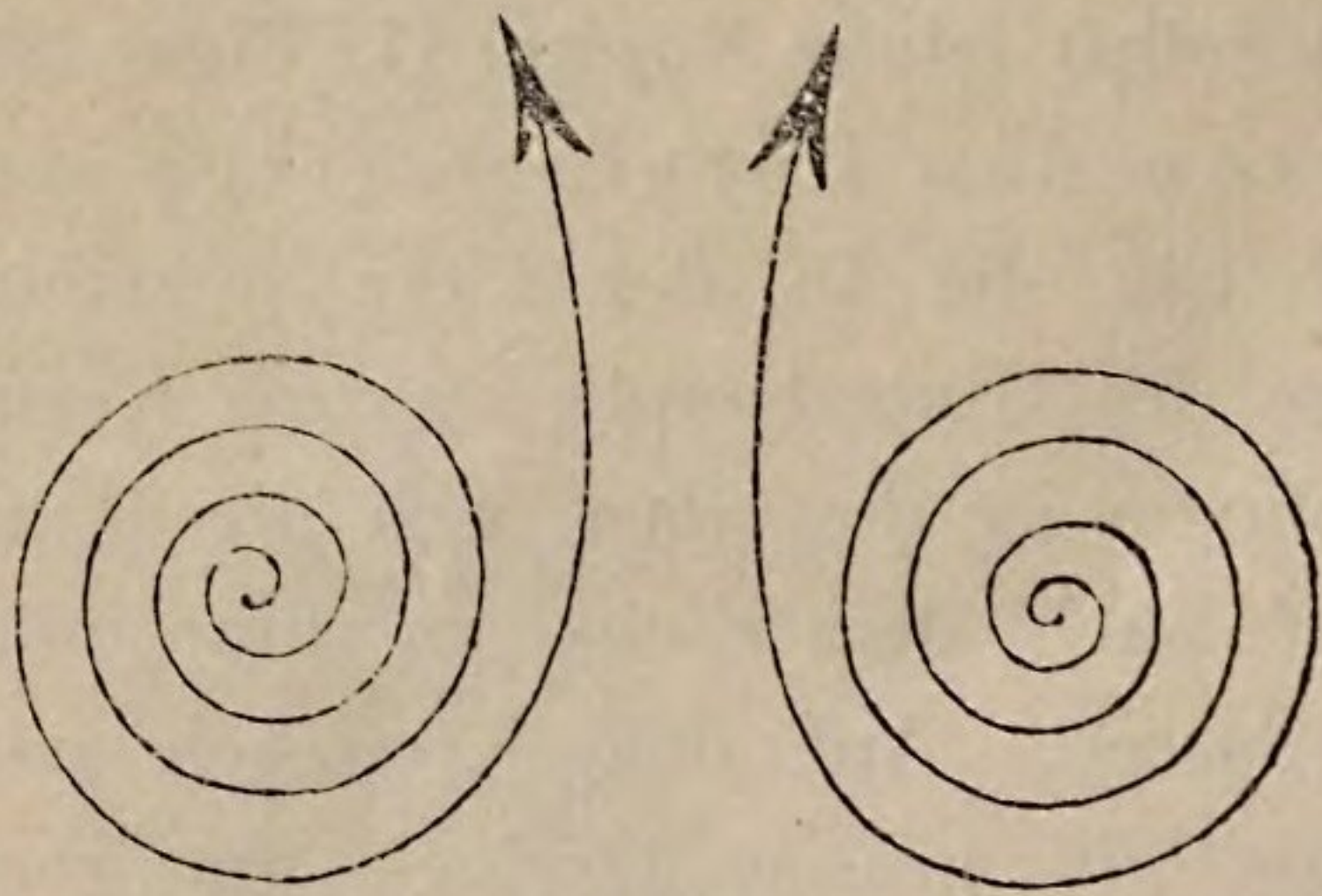
4) Von der Grenzlinie der Spina scapulae ab nach aufwärts zum Halse hört die Antidrome 2 auf, und wir erhalten mit Ausnahme des schmalen antidromen Streifens neben den Dornfortsätzen der Wirbel ein homodrom drehendes Gebiet (Fig. 35), in welchem sich ein antidrom gedrehter Haarwirbel (Fig. 35 und 36) befindet; letzterer ist in den Figuren zu gross gezeichnet, um ihn stärker hervortreten zu lassen. Wie ich weiter unten erklären werde, erklärt sich dieser antidrome Wirbel durch die Einstülpung der Kiemenspalten.

5) Ueber der Hinterhauptsschuppe ist die Haut richtig gedreht, nur der Streifen längs der Mittellinie am Hinterhaupt ist antidrom (Figur 35). Die Folge hiervon ist wiederum wie auf dem Rücken die, dass der Haarverlauf nach unten und innen hin konvergiert, so dass man die Haare am Hinterhaupt von oben nach unten hin glattstreichen kann. Wie man sich an jedem foetalen und nicht foetalen behaarten Kopf überzeugen kann, reicht dieser Haarstrich nach aufwärts bis zum sogenannten Hinterkopf- oder Scheitelwirbel hinauf, dort ist die Grenze.

6) Auf dem Seitenwandbein, der Schläfenbeinschuppe, der äussern Partie der Hinterhauptsschuppe und dem Stirnbein tritt jederseits ein grosses homodromes Haargebiet auf (Fig. 34—36), welches von beiden Seiten her in der Mittellinie zusammentrifft und dem Haarverlauf daselbst beiderseits die Richtung von hinten nach vorn verleiht, wie dies das Schema in Figur 38 darstellt.

7) Die Augenbrauen und der Schnurrbart des Foetus und des Erwachsenen verhalten sich in Bezug auf die Haarrichtung vollkommen gleich. Beide Stellen zeichnen sich dadurch aus, dass an ihnen die foetale Behaarung überhaupt am frühesten auftritt. Der Schnurrbart ist homodrom. An

Fig. 38.



Zwei in entgegengesetztem Sinne gedrehte
Spiralen haben in ihrem
Berührungsgebiet gleichgerichteten Verlauf.

der Augenbraue haben wir eine obere Hälfte mit homodromer und eine untere mit antidromer Drehung zu unterscheiden. Die Antidrome nämlich, welche durch die Augeneinstülpung erzeugt wird, geht mitten durch die Augenbraue hindurch. Wie man leicht einsieht, kommt hierdurch an der Augenbraue dasjenige zustande, was Eschricht eine konvergierende Haarstellung genannt hat.

8) Die Wangengegend seitlich bis zum Ohr, ferner die Kinn- und Unterkinngegend (Figur 34) zeigt homodrome Haarstellung.

9) Die Schultergegend (Gegend des Deltoideus) zeigt jederseits ein grosses homodrom drehendes Gebiet (Figur 36 und 37), welches am Oberarm abwärts (Fig. 37) dessen Aussenfläche bis in die Nähe des Ellenbogens beherrscht. Dadurch entsteht am Oberarm ein scheinbarer Widerspruch mit der Drehung des Humerus.

10) Die Vorderfläche und Innenfläche des Oberarms folgen der Humerusspirale oder grossen Armspirale, wie wir sie nennen wollen. (Figur 34.)

11) Die hintere Fläche des Oberarms wird von einem grossen homodromen Gebiete, dem Tricepsgebiete, eingenommen, welches nach oben und aussen an das Schultergebiet 9, nach vorn auf die grosse Armspirale 10 stösst, wodurch unter anderm auch das so häufig erörterte Konvergieren der Haare nach dem Ellenbogen hin zustande kommt.

12) Die Ellenbogengegend ist nicht behaart, um dieselbe herum kreist jedoch in homodromer Drehung ein Gebiet, welches auch die Rückseite des Vorderarmes beherrscht. (Figur 35.)

13) Das Vorderarmgebiet entlang der Arteria radialis folgt der grossen Armspirale.

14) Am Condylus internus humeri sitzt ein antidromer Haarwirbel, dessen Entstehung als Grenzwirbel weiter unten (siehe Figur 39) erläutert ist.

15) Auf dem Trochanter major ist ein grosses homodromes Gebiet, welches an dem Präparat 1028 die äussere und hintere Fläche des Oberschenkels bis beinahe zum Kniegelenk beherrscht und die dortige scheinbare antidrome Haarrichtung erklärt.

16) Die vordere und innere Fläche des Oberschenkels folgen der grossen Beinspirale. (Figur 34.)

17) Auf der Kniescheibe fehlen die Haare, in einiger Entfernung kreist jedoch ein homodromes Gebiet um dieselbe herum. (Figur 34—37.)

18) Die Wadendicke wird von einem grossen homodromen Gebiet eingenommen (Fig. 35—37), welches nach aussen in die grosse Beinspirale übergeht.

19) Auf dem Fussrücken und einigen Zehenrücken sind homodrome Gebiete.

20) Entsprechend dem Ursprung der Adduktoren des Schenkels (Figur 35 und 37) befindet sich in der seitlichen Perinealgegend ein antidrom gedrehter Haarwirbel als Grenzwirbel zwischen der grossen Beinspirale und dem Trochantergebiet 15.

Dass die Drehung einzelner Hautbezirke eine für sich selbständige ist und unabhängig von der allgemeinen Drehung, z. B. der Glieder, welche ich als grosse Arm- und Beinspirale bezeichnet habe, lehrt ein Präparat der pathologischen Sammlung mit Sirenenbildung. Dort ist infolge der Verschmelzung beider Beine in der frühesten Entwicklungsperiode die Wachstumsdrehung derselben ausgeblieben, die Kniekehle ist nach vorn, die Kniescheibe nach hinten gerichtet, die Fibula liegt innen, die Zehenspitzen nach hinten. Trotzdem sind die Haarspiralen auf den Trochanteren und um die Kniescheibe herum homodrom gedreht, die beiden Wadenspiralen sind in ein einziges grosses linksspiraliges Gebiet verschmolzen.

Wie verhält es sich nun mit den Haarwirbeln?

Die zahlreichen Haarwirbel lassen sich in 2 Hauptgruppen zerlegen, nämlich:

1) in solche, welche den Scheitel oder Höhepunkt (die Spitze) eines grossen drehenden Gebietes, einer grossen Haarspirale, darstellen.

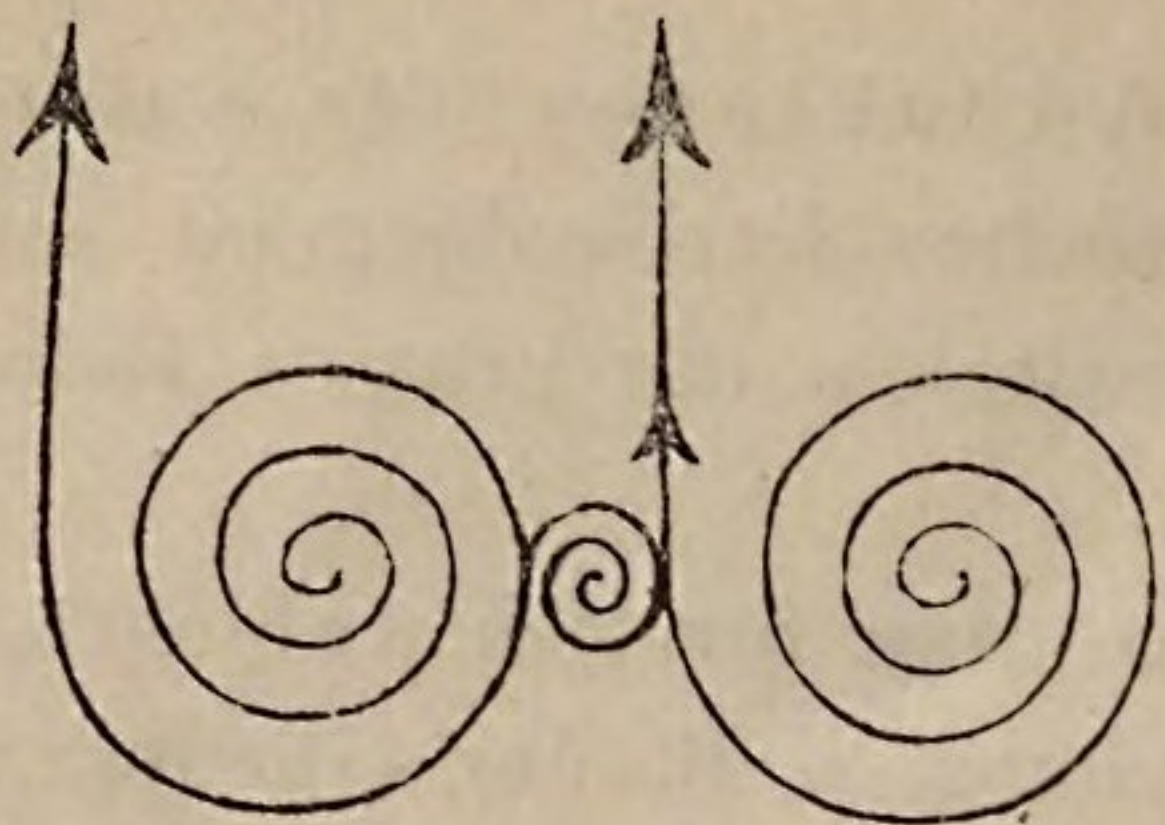
Diese Art von Haarwirbeln ist beim Menschen ausserordentlich selten, weil es in den Drehbezirken meist nicht zur deutlichen Wirbelbildung kommt, häufig besitzt dieses Zentrum überhaupt keine Haare (Olekranon, Kniescheibe). Als Beispiel möge der in Figur 34 und 37 abgebildete Pectoraliswirbel dienen. Bei einem neugeborenen Kinde fand ich jederseits dicht vor dem Ohre einen solchen Scheitelwirbel vor. Die Neugeborenen der hörner- oder geweihetragenden Tiere besitzen regelmässig einen solchen Wirbel an der Stelle des Stirnbeins, wo später die Hörner oder Geweihe hervorkommen und dieser Haarwirbel hat stets dieselbe Spiraldrehung, wie das später hervorwachsende Horn;

2) in solche, welche an der Grenze (Peripherie) zwischen zwei benachbarten drehenden Gebieten liegen. Diese drehenden Gebiete können

a) in entgegengesetztem Sinne drehen, wie dies das Schema in Figur 38 angibt. So verhält es sich bei allen Wirbeln, welche in der Mittellinie des Körpers gelegen sind, wo die Linksspirale der rechten Seite mit der Rechtsspirale der linken Seite zusammentrifft.

b) in gleichem Sinne drehen nach dem in Figur 39 gegebenen Schema. So verhält es sich bei 2 drehenden Gebieten derselben Körperhälfte. Die Haarspiralen beider Gebiete kommen bei der Berührung in Konflikt, indem sie entgegengesetzte Richtung annehmen. Dabei kann eine Ablenkung der am meisten nach aussen gelegenen Fasern jederseits erfolgen, welche nunmehr in einem antidrom gedrehten Grenzwirbel (Fig. 39)

Fig. 39.



Zwei in gleichem Sinne drehende Spiralen
haben an ihrem Berührungspunkte
entgegengesetzte Verlaufsrichtung.

(Jaguar) findet man ebenfalls einen solchen antidrom gedrehten Grenzvirbel entsprechend dem hintern Schulterblattrande, etwa in der Mitte zwischen Wirbelsäule und Ellenbogen.

Die unter a bezeichneten in der Mittellinie des Körpers vorkommenden Haarwirbel bevorzugen bei weitem den konvexen Teil der Mittellinie des Körpers; dies wäre bei dem eingerollten Foetus die Strecke vom Kinn über den Kopf und Rücken zum Steissbein. Ihre Hauptstellen sind:

- 1) Der Vorsprung des Kinns (Ziege, Gemse, Lama, Löwe, Leopard).
- 2) Die Mitte der Oberlippe dicht oberhalb der Mundspalte (Wiederkäuer, Renntier).

3) Die Mitte der Oberlippe (Pferd, Equus Kiang Tibet).

4) Die Nasenspitze (Hund, Reh).

5) Der Nasenrücken, Mitte zwischen beiden Augen (Rind).

6) Stirn (Löwe, Pferd, Mensch). — Dieser Wirbel, welcher wie alle medianen öfter links- als rechtsgewunden ist, weil die rechte Körperhälfte meist das Uebergewicht hat, kommt bisweilen (beim Pferde) doppelt vor, indem 2 Wirbel in der Mittellinie übereinander liegen, sie besitzen dann meist der eine links-, der andere rechtsspiralige Drehung. Auch kommt es vor, dass dieser Wirbel ein klein wenig nach der Seite hin verzogen ist (Löwe, Mensch); in diesem Falle ist er öfter nach rechts als nach links verzogen. Die Ursache hiervon liegt in der leichten Verschiebbarkeit der Haut und in dem Uebergewicht der rechten Körperhälfte. Auch mag die leichte seitliche Verzerrung dieses sowie aller medianen an verschiebbaren Hautstellen gelegenen Wirbel bereits in den frühesten Stadien embryonalen Lebens verursacht werden, in welchen der Embryo eine spiralige Axendrehung durchmacht, wie dies von Kölliker¹⁾ beschrieben ist. — Beim Menschen ist dieser mediane, meist etwas seitlich verzogene Stirnwirbel keine Seltenheit. Er scheint durch ganze Familien als Erbstück vorzukommen. Im Februar d. J. stellte sich mir ein Mann mit seinem Sohne vor, welche beide diesen linksspiraligen Wirbel trugen, in beiden Fällen sass er nach rechts, von der Mittellinie etwa 1—1½ Zentimeter weit entfernt. Von den anderen 5 Kindern des Mannes (sämtlich Knaben) hatten einige denselben Stirnwirbel,

1) Kölliker, Entwicklungsgeschichte 1879, S. 203 und 256.

andere hatten andere Wirbel über den Kopf hin zerstreut. Der eine von den Knaben hatte eine Hasenscharte.

7) Der Hinterkopf (Mensch, die meisten Säugetiere). Der Wirbel am Hinterkopf oder Scheitelwirbel ist der konstanteste und grösste von allen beim Menschen vorkommenden Haarwirbeln. In der Mehrzahl der Fälle ist er linksspiralig gedreht und etwas nach rechtshin verzogen. Seine Stelle pflegt die hintere innere Ecke des Seitenwandbeins zu sein, selten sitzt er im Bereich der Hinterhauptsschuppe. Die seitliche Abweichung dieses Wirbels kann bis zu einigen Zentimetern betragen, stets jedoch bleibt der Wirbel in angemessener Entfernung vom Tuber parietale. Dass der Wirbel so häufig nach rechtshin abweicht, mag durch die häufige Lage des Foetus mit dem rechten Seitenwandbein zu unterst, wie bei der ersten Schädellage, bedingt sein.

Nicht selten finden wir 2 Hinterkopfwirbel vor, welche alsdann beide etwas seitlich von der Mittellinie zu liegen pflegen, der eine nach rechts, der andere nach links hin. Der nach rechts hin abgewichene pflegt linksspiralig, der andere rechtsspiralig gedreht zu sein, jedoch kommen hiervon Ausnahmen vor. Sehr selten sitzen dieselben genau quer nebeneinander, vielmehr pflegt der eine mehr nach vorn als der andere zu liegen, sodass die Wirbel vor der seitlichen Verzerrung nach den beiden Seiten hin hintereinander gelegen waren. — In seltenen Fällen mögen die beiden Hinterhauptswirbel auch als eigentliche Scheitelwirbel in dem auf S. 95 gegebenen Sinne aufzufassen sein. Befinden sie sich als solche über den homodrom gedrehten Seitenwandbeinen, so werden sie die homodrome Drehung erhalten, befinden sie sich jedoch im Gebiete der Hinterhauptsschuppe mit antidromer Drehung, so werden sie antidrom gedreht sein. In diesem Sinne glaube ich, sind die quergestellten antidrom gedrehten Haarwirbel im Bereich der Hinterhauptsschuppe zu erklären, welche ich an dem Kopf eines Kalbes der pathologischen Sammlung fand.

8) Der Rücken:

a) eine Stelle zwischen den Schulterblättern (Mensch). Dieser Wirbel kommt ziemlich häufig vor, er befindet sich meist entsprechend den unteren Schulterblattwinkeln genau in der Mitte.

b) Unterhalb der Schulterblätter (Mensch). Die Figur 35 zeigt diesen Wirbel ein wenig nach links hin verzogen und linksspiralig gedreht entsprechend der Antidrome der dortigen Dornfortsätze.

c) Weiter abwärts etwa entsprechend dem 12. Rückenwirbel. (Rind, Reh, Gemse, Antilope, Steinbock, Löwe.) In den meisten Fällen fand ich diesen Wirbel ziemlich genau in der Mittellinie, einige Male auch ein wenig zur Seite hin verzogen. Das letztere mag durch die Lage des Foetus im Uterus hervorgerufen werden (Quere Seitenlage).

9) Das Steissbein.

Auf der Strecke vom Steissbein zum After, den Genitalien, der weissen Bauchlinie und zum Unterkiefer, d. h. auf der konkaven Strecke des ein-

gerollten Foetus habe ich bis jetzt keine medianen Haarwirbel gefunden, zweifle jedoch nicht daran, dass dort solche vorkommen.

Man kann nun die in der Mittellinie gelegenen Leibesöffnungen (Mund, Harnröhre, Vagina, After) auch als drehende Zentren ansehen, bei denen sich jedoch, durch die Einstülpung nach der Tiefe zu, eine Strecke weit Antidrome jederseits einstellt.

Die Nabelöffnung endlich, der Nabelstrang und die Nabelnarbe sind auch ein wirbelndes Zentrum und es ist an der Hand des schon öfter Gesagten, dass nämlich die rechte Körperhälfte in der Mehrzahl der Fälle das Uebergewicht habe, nicht zu verwundern, dass der Nabel und die Nabelschnur meist linksspiralig gewunden sind. Bei genauerem Nachforschen würde sich dieselbe Drehung auch an der Placenta nachweisen lassen. — Die linksspiralige Drehung wird sich aus demselben Grunde in der Mehrzahl der Fälle dem Urachus mitteilen; ferner erklärt es sich ganz ungezwungen, warum die Allantois, welche ursprünglich nach vorn zu liegt, im weiteren Wachstum auf die rechte Seite zu liegen kommt; es ist dies die natürliche Folge der linksspiraligen Drehung.

Die Lage des Dotterbläschens auf der linken Seite des Embryo hängt mit einer spiraligen Axendrehung des Embryo zusammen, in Folge deren der Embryo seine linke Seite dem Dotter zuwendet. Diese spiralige Axendrehung, welche sich später ganz oder teilweise ausgleicht, soll bei Eidechsenembryonen (Remak) und Schlangenembryonen (Rathke) in so hohem Grade stattfinden, dass das Schwanzende zur Zeit der höchsten Ausbildung derselben mehrere, bei Schlangen bis zu 7, Spiraltouren mit schneckenhausähnlicher Windung zeigt.

Zum Schluss nun noch ein Wort über die seitlich gelegenen Haarwirbel, welche entweder Scheitel eines grossen drehenden Gebietes oder Grenzwirbel sind.

Ueber den schönsten aller Scheitelwirbel, denjenigen nämlich, welcher dem Tuber frontale des Stirnbeins entspricht, vergleiche man Seite 95. Die stets gleichgerichtete Drehung dieses Wirbels mit dem später hervorwachsenden Horn ist ein Beweis dafür, dass die Einstülpung bei der Anlage des Auges nicht nur für die Drehungsrichtung des Stirnbeins, sondern auch für die auf demselben liegenden Weichteile und selbst die Haare bestimmend ist. — Ein zweiter sehr konstanter Scheitelwirbel befindet sich in der Haut der meisten Raubtiere seitlich auf jedem Nasenbein. Er ist fast ausnahmslos homodrom gedreht. Die kleineren Raubtiere (Katze, Marder, Iltis, Wiesel) tragen ihn meist in der Linie zwischen dem Nasenloch und dem Auge etwa 1—2 Zentimeter vom Nasenloch entfernt, die grossen (Löwe, Leopard) tragen ihn mehr in der Mitte zwischen Nasenloch und Auge.

Sehr interessant ist ferner das Verhalten der Haarwirbel seitlich am Halse der grossen Raubtiere (Leopard, Jaguar u. a.). Dort findet man nämlich in einer vom Kopf zur Brust etwa in der Mitte der Seitenfläche des Halses längsverlaufenden Linie etwa 8 Haarwirbel, welche abwechselnd

rechts- und linksspiralig gedreht sind. Offenbar hängt dies mit der Bildung der Kiemenbogen und Kiemenspalten zusammen. Die vier homodromen Wirbel dürften den Kiembögen, die antidromen den Einstülpungen an den Kiemenspalten entsprechen; die vier ersteren wären alsdann Scheitelwirbel, die vier letzteren könnten auch als (antidrome) Grenzwirbel aufgefasst werden. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass auf ein und demselben Kiemenbogen auch einmal zwei oder gar mehr homodrome Wirbel vorkommen können, so dass die Abwechslung zwischen rechts- und linksspiraligen Wirbeln dadurch weniger regelmässig wird. — Der in Figur 35 und 36 abgebildete antidrome Wirbel seitlich am Hals muss in derselben Weise erklärt werden. Viele Tiere (Hund, Pferd, Rind) zeigen statt obiger 8 Wirbel deren oft nur 1 oder 2.

Seitliche Wirbel kommen weiterhin teils als Scheitel-, teils als Grenzwirbel in der Achselhöhle, seitlich am Bauch, am Sitzknorren, am Ellenbogen (nach innen vom Olekranon), am Fussrücken und an anderen Stellen der menschlichen und tierischen Haut vor. Dass die seitlichen tiefen Einstülpungen an der Nase, dem Auge und Ohr ebenfalls wirbelnde Zentren sind, deren Scheitel jedoch in die Tiefe hinein verlegt sind, geht aus den vorgehenden Schilderungen hervor.

Dass endlich seitliche Haarwirbel auf dem behaarten Kopfe, wo so viele homo- und antidrome Drehungen zusammentreffen, an den verschiedensten Stellen vorkommen können, ist klar. Auf dem Kopfe des jungen Rehs kann man deren 5 und darüber zählen.

Kapitel X.

Bemerkungen über einige angeborene und erworbene krankhafte Wachstumsvorgänge.

In den vorangegangenen Kapiteln ist schon wiederholt darauf hingewiesen worden, dass die Wachstumsdrehung auch bei pathologischen Wachstumsvorgängen eintritt. Entzündliche Neubildungen an Knochen, Kallusmassen, Exostosen, Myome u. s. w. zeigen spiralige Wachstumsdrehung. Entwicklungshemmungen, wie z. B. die angeborene Taubstummheit zeigt verringerte Drehung u. s. w. Durch das Gesetz der Wachstumsdrehung erhalten wir einen genaueren Einblick in eine Reihe von Wachstumsstörungen, welche wir bisher nicht in Zusammenhang bringen konnten.

Wie häufig sehen wir Spaltbildungen auftreten zugleich mit Klumpfuss oder anderen Fehlern der Glieder, welche auf gestörte Wachstumsdrehung zurückgeführt werden müssen!

Bei der Sympodie, welche die normale Drehung der Beine hemmt, wird es den Darmbeinen erschwert oder unmöglich gemacht, ihre Drehung von hinten nach vorn zu bewerkstelligen, sie erreichen sich in der vordern Mittellinie nicht, wir erhalten eine angeborene Trennung der Symphyse mit oder ohne Spalte der vordern Bauchwand, der Blase u. s. w. In diesem Falle ist ein direkter Zusammenhang zwischen der Sympodie und Spaltbildung nachweisbar.

Schwerer erklärlich erscheint auf den ersten Blick der Zusammenhang zwischen Spaltbildungen an anderen Körperstellen und Klumpfuss. Machen wir uns jedoch klar, dass der Foetus in Folge allgemeinen Mangels vitaler Energie eine Wachstumsstörung erleidet, so wird sich diese nicht nur in dem unvollkommenen Wachstum in die 3 Richtungen des Raumes hinein, sondern auch in der mangelhaften Wachstumsdrehung offenbaren. Die Folge davon kann einerseits Offenbleiben eines normalerweise sich schliessenden Kanales oder einer Spalte sein (also Hasenscharte, Gaumen-, Gesichts-, Kieferspalte, Iriskolobom, Bruch in der weissen Bauchlinie, Rippen- oder Brustbeindefekt, Spina bifida, ja ein teilweises oder vollständiges Fehlen des Gehirns (Acephalie), andererseits mangelhaftes Wachstum und mangelhafte Drehung eines Gliedes

(Klumpfuss, Klumphand), oder mangelhafte Drehung im Gehörorgan, angeborene Taubheit u. dergl.). Grade die Kretinen, welche bekanntlich im allgemeinen ein kümmerliches Wachstum darzubieten pflegen, besitzen mangelhafte Wachstumsdrehung an den verschiedensten Körperstellen.

Wir erhalten somit durch das Drehungsgesetz beim Wachstum ohne weiteres Aufschluss über diejenigen Fälle von erblicher Anlage zu Missbildungen, wo z. B. die Grosseltern Hasenscharte, die Eltern Klumpfuss, das Kind wieder irgend eine Spaltbildung zeigt u. s. w.

Dass ausser den genannten im Embryo selbst gelegenen erblichen Störungen des Wachstums und der Wachstumsdrehung noch zahlreiche andere teils im Embryo selbst begründete lokale Störungen, wie z. B. abnorme Flüssigkeitsansammlungen im Hirn und Rückenmark mit nachfolgender Spina bifida, ferner aber auch äussere Störungen (Krankheiten des Uterus und der Mutter, äussere Insulte) das Zustandekommen abnormer Wachstumsdrehung begünstigen können, ist selbstverständlich.

Die Wachstumsdrehung kann in dem einen Abschnitt eines Gliedes eine normale, in dem andern desselben eine gestörte sein, dies lehren zahlreiche Präparate in pathologischen Sammlungen und Atlanten. Vrolik¹⁾ bildet ein Präparat ab, welches im Oberschenkel und Fuss eine verminderte, im Unterschenkel eine normale oder gar erhöhte Drehung besitzt. Hueter²⁾ sagt, dass bei Klumpfussbildung die Unterschenkelknochen oft so sehr um ihre Längsaxe nach einwärts (also homodrom) gedreht sind, dass der Malleolus externus von der Seite nach vorn rückt.

Im allgemeinen kann man annehmen, dass ein peripher gelegener Abschnitt (Fuss) sich um so besser vergrössern und drehen wird, je normaler höher aufwärts das Wachstum und die Drehung von statten geht. Ist höher aufwärts eine Störung vorhanden, so wird der periphere Teil leicht in Mitleidenschaft gezogen. Daher findet man z. B. bei angeborenem Tibiadeфект so oft hochgradige Drehungshemmung am Fuss, d. h. Klumpfuss, bei Radiusdefekt Klumphand³⁾. Den Nachweis, dass der Klumpfuss eine wirkliche Hemmungsbildung sei, haben Vrolik⁴⁾ und Eschricht⁵⁾ nachgewiesen. In der Regel haben wir bei Klumpfuss eine mangelhafte Drehung des ganzen Beines, die quere Axe des Knie- und Fussgelenks steht nicht frontal, sondern sie geht von vorn innen nach hinten aussen, oft ist Genu varum damit verknüpft, das Gelenk für das Capitulum fibulae liegt fast ganz nach hinten,

1) Vrolik, W., Tabulae ad illustrandam embryogenesin etc. Amstelodami 1849, Atlas, Taf. 49, Fig. 9.

2) C. Hueter, in Langenbeck's Arch. Bd. 4.

3) Siehe Billroth, in Langenbeck's Arch. I., S. 251. — Volkmann, in der deutschen Klinik 1863, S. 329 u. 337 ff. — Ehrlich, Defekte und Hemmungsbildungen der Extremitäten, Dissert. Strassburg 1885.

4) Vrolik, Atlas, Taf. 71 und 81 u. f. nebst zugehöriger Beschreibung 1849.

5) Eschricht, Ueber Foetalkrümmungen, namentlich in Bezug auf die Bedeutung angeborener Verdrehungen der Bauchglieder; deutsche Klinik 1851, Nr. 44, S. 467 ff.

der Kopf des Talus nach innen, dieser hat weder die richtige Axendrehung durchgemacht, noch ist die Flexion seines Halses nach vorn hin erfolgt; der Calcaneus liegt neben dem Talus längsgerichtet, so dass der Hackenfortsatz nach aussen und etwas nach oben gerichtet ist; eine Drehung im richtigen Sinne, welche seinen Hals und Kopf nach aussen bringen würde, ist nicht zu erkennen.

Die im späteren Leben auftretenden Geschwülste scheinen zum grossen Teil spiralige Axendrehung zu besitzen. Von der spiraligen Windung der Muskeln und Bindegewebsfasern in Myomen und Fibromyomen war schon im 2. Kapitel die Rede. Diejenigen Cysten, welche Haare enthalten, zeigen die Haare meist in der mannigfaltigsten Weise spiralig durchflochten. Die Hauthörner legen ferner Zeugnis dafür ab, dass in der Oberhaut spiraliges Wachstum besteht. Im allgemeinen wird sich die Art der Windung solcher Hauthörner nach der Drehungsrichtung ihres Mutterbodens richten, so dass dieselben, wenn sie frei hervorstehen können, in der Regel homodrom gedreht sind. Kommen jedoch äussere Hindernisse, Druck der Kleidungsstücke u. s. w. hinzu, so kann die Spirale auch antidrom werden. Aehnlich verhält es sich mit den hypertrophisch wuchernden Nägeln bei der Onychogryphosis. Dieselben zeigen sämtlich spiralige Windungen, welche jedenfalls in der Mehrzahl der Fälle der Drehung des Mutterbodens homodrom sind, durch Druck des Schuhwerks oder durch Druck gegeneinander jedoch antidrom werden können. Wir haben nun im 1. Kapitel schon gesehen, dass die Zehen von früher Kindheit an schon infolge des Körpergewichts, des Drucks des Schuhwerks oder durch Druck gegeneinander manchmal die Drehung sehr unvollkommen zeigen, oder gar eine antidrome Drehung erleiden; in letzterem Falle würde der wuchernde Nagel von vornherein die antidrome Drehung zeigen. Der hypertrophische Nagel der grossen Zehe scheint in der Regel in der homodromen Spirale zu drehen, bei den übrigen Zehen ist die Spiraldrehung wechselnd. Aehnlich verhält es sich mit dem Sporn des Hahnes, auch er pflegt in homodromer Spirale zu drehen; wird er jedoch sehr lang, so stösst er mit seiner Spitze entweder gegen sein eigenes oder gegen das andere Bein, oder er wird beim Niederhocken so auf den Boden gedrückt, dass die Richtung der Spirale sich ändern kann. — Zweifelsohne wird man auch in bösartigen Geschwülsten eine Wachstumsdrehung nachweisen können, jedoch habe ich hierüber noch keine Beobachtungen gesammelt. Auffallenderweise treten gewisse entzündliche Ernährungsstörungen mit Vorliebe an solchen Stellen des Körpers auf, wo die Antidrome vorhanden ist, ich erinnere an das Vorkommen der Gummata an der Tibia-diaphyse, an der Clavicula, an dem Stirnbein und vorn auf dem Sternum, wo durch den Zusammenstoss von beiden Seiten her antidrome Knochen-drehung eintreten kann. Möglicherweise hängt die Prädilektion mancher Krankheiten für bestimmte Körperstellen mit ähnlichen Zuständen antidromen Wachstums zusammen.

Kapitel XI.

Bemerkungen über Axendrehung bei den Pflanzen.

Die Entwicklung und das Wachstum der Pflanzen ist mit zahlreichen Erscheinungen von Axendrehung verknüpft. Letztere lassen sich theils auf den Geotropismus, theils auf den Heliotropismus, theils auf den Hydrotropismus, theils endlich auf die Reizbarkeit der Pflanzen gegen Berührung zurückführen. Ausser diesen gibt es auch noch Erscheinungen von Axendrehungen, welche ganz ausschliesslich durch Kräfte zustande kommen, die in der Pflanze selbst gelegen sind; man kann diese Axendrehungen als *autochthone* oder *spontane* bezeichnen.

Sachs¹⁾ fand bei seinen Untersuchungen über Torsion an etiolirten Internodien, dass Stengelglieder, welche sich im Finstern stark verlängert haben, dann, wann das Längenwachstum nachzulassen beginnt, eine Drehung erfahren, wie sie bei den windenden Stämmen der Schlingpflanzen eintritt, wenn dieselben keine Stütze finden. Diese Torsionen treten nicht nur bei etiolirten Schlingpflanzen oder solchen Pflanzen auf, deren Internodien auch am Licht eine Drehung erleiden (*Bryonia dioica*), sondern, und dies ist besonders interessant, an den Internodien solcher Pflanzen, welche am Licht kurz bleiben und nicht die geringste Aehnlichkeit mit schlingenden Stämmen haben. Sachs nimmt daher an, dass die Fähigkeit, sich um die eigene Axe zu drehen, eine allgemeine Eigenschaft der Internodien ist, die aber nur dann bemerklich wird, wenn sie sich bis zu einem bestimmten Grade verlängern. Die Art der Torsion ist nach Sachs in der Regel die linksspiralige, oder, wie er sich ausdrückt, „die Richtung der Schraube entspricht, von unten nach oben verfolgt, der Richtung des sich drehenden Uhrzeigers“; selten kommt die Rechtsspirale vor, wie z. B. an dem hypokotylen etiolirten Gliede von *Mirabilis Jalappa*, *Brassica Napus* und *oleracea*, *Cheiranthus Cheiri* und *Ricinus*.

1) J. Sachs, Ueber den Einfluss des Tageslichts auf Neubildung und Entfaltung verschiedener Pflanzenorgane; Botanische Zeitung, Leipzig 1863, zweiter Anhang, S. 16 f.

Aber auch an etiolierten Blättern werden diese schraubenförmigen Drehungen beobachtet.

In obiger Arbeit von Sachs finde ich die Anmerkung, dass bereits H. v. Mohl ¹⁾ die Drehung der Internodien der Schlingpflanzen entdeckte und ferner zeigte, dass diese Drehung keineswegs immer ein Zeichen eines windenden Stammes ist, da sie sich bei *Pisum*, *Passiflora*, Kürbissen, *Bryonia*, *Convallaria* Polyg. findet, die nicht winden.

J. Wortmann ²⁾ sah dieselben Torsionserscheinungen an der nutierenden Knospe. Er fand, dass der zwischen den Kotyledonen hervorsprossende etiolierte Keimling seine Nutationsebene durch die Kotyledonen vorgeschrieben erhält, dass hingegen die nutierende Knospe einen Kreisbogen zu beschreiben anfängt, sobald die Plumula die Samenschale durchbrochen hat. Dieselbe kreisende Bewegung der Knospe findet schon früher statt, wenn man diejenigen Teile der Kotyledonen abträgt, welche den Keim von beiden Seiten eingeschlossen halten. Die auf diese Weise zustande kommende Torsion kann nun, wie Wortmann weiter ausführt, erzeugt werden durch die bekannten starken Torsionen der etiolierten Internodien. Letztere sind jedoch nicht das einzige Bewegungsmoment für die Endknospe. Die Torsionen der Internodien stellen sich nämlich erst gegen den Schluss des Längenwachstums derselben ein, somit müssten auch jene Torsionserscheinungen erst sehr spät zur Beobachtung gelangen. Dies ist nicht der Fall. Die nickende Knospe beginnt bereits in bestimmter Richtung ihre Nutationsebene zu wechseln, d. h. sich spiralig aus der Nutationsebene herauszudrehen, sobald sie von den Kotyledonen in diesem Bestreben nicht mehr gehindert wird. In der Regel ist zwar die Richtung dieser Drehung derjenigen der später tordierten Internodien gleichgerichtet (homodrom), sodass sich die beiden Torsionswinkel zu einander addieren; die Richtung kann jedoch, und zwar bei derselben Pflanzenart, auch eine antidrome werden, sodass die schwächere zuerst auftretende Torsion der Endknospe durch die viel stärkere antidrome Torsion der Internodien nunmehr umgekehrt wird.

Beide Torsionsphänomene müssen als spontane bezeichnet werden, und scheint es mir, als ob die Axendrehung überhaupt eine Eigenschaft der wachsenden Pflanzenzelle sei.

Sei es mir gestattet, hier eine in mancher Beziehung analoge Torsionserscheinung aus den frühesten embryonalen Stadien der Entwicklung des Tiereies einzuflechten.

Rathke hat bei Schlangenembryonen, Remak bei Eidechsenembryonen, Kölliker bei Hühnerembryonen gefunden, dass denselben eine spiralige Axendrehung zukommt, die man als eine spontane, im Wachstum des Embryo selbst begründete, ansehen muss. Der Hühnerembryo erleidet am 3. bis 4.

1) H. v. Mohl, Ranken und Schlingpflanzen 1827. S. 6.

2) J. Wortmann, Studien über die Nutation der Keimpflanze von *Phaseolus multiflorus*. Botanische Zeitung. Leipzig 1882. S. 915 ff.

Tage der Bebrütung eine spirale Axendrehung in der Art, dass er seine linke Seite dem Dotter zukehrt, das Dotterbläschen somit auf die linke Seite zu liegen kommt, wie dies bereits im IX. Kapitel, Seite 98 erwähnt ist. Der Kopf und Vorderkörper des Embryo wird bei diesem Vorgange mehr gedreht als der Hinterkörper, das Resultat ist somit eine linksspiralige Torsion des Embryo; das Amnion wird am Vorderkörper auf die rechte Seite hinübergeleitet. Etwas später tritt eine entgegengesetzte (rechtsspiralige) Torsion des Embryo ein, sodass eine vollständige oder unvollständige Ausgleichung beider Drehungsrichtungen eintritt. Dass die Spiraldrehung bei Schlangembryonen so hochgradig sein kann, dass das Schwanzende derselben bis zu 7 schneckenhausähnliche Spiralwindungen darbietet, ist bereits erwähnt. Nebenbei bemerkt, kann das Eingerolltsein des Embryo zu dieser Zeit mit der Nutation der Knospe verglichen werden, und letztere wird, wie die Einrollung des Embryo nachträglich im weiteren Wachstum in Streckung übergeführt.

Aus den Wortmann'schen Studien scheint mir hervorzugehen, dass die rechts- und die linksspiralige Drehungsrichtung manchmal in ein und derselben Pflanze vereinigt sind, und dass durch das Uebergewicht der einen derselben der Pflanze die bestimmte Axendrehung vorgeschrieben wird. — Eine weitere Stütze für die Ansicht, dass beide Drehungsrichtungen in den Axenorganen mancher Pflanzen vorhanden sind, liefern die Gefässbündel in den Axenorganen von *Aletris fragrans*. Der Stamm dieser Pflanze besteht, wie Schleiden¹⁾ beschreibt, aus zwei Teilen, nämlich:

1) Dem primären Stamm, in welchem die Gefässbündel den gewöhnlichen bogenförmigen Verlauf zeigen, und 2) einer äussern viel dichtern, aus der Kambialschicht allmählich gebildeten Zone. Letztere besteht für sich wiederum aus 4 Schichten. In der äussersten derselben laufen die Fasern in einer rechtsgewundenen Spirale um die Axe, in der zweiten linksgewunden, in der dritten wieder rechtsgewunden, in der vierten mehr quer. Ob in diesen entgegengesetzt drehenden Spiralen die eigentlichen Spiralgefässe auch entgegengesetzte Spiralwindung zeigen, ist nicht angegeben.

Bei weitem die meisten Pflanzen, welche Torsionserscheinungen zeigen, haben linksspiralige Axendrehung und mag wohl durch dieses Verhalten die irrige Meinung entstanden sein, als habe die von Osten nach Westen gehende Sonne die Kraft, die Pflanzen zu drehen. Wäre letzteres der Fall, so müssten die auf der südlichen Halbkugel der Erde befindlichen Pflanzen rechtsspiralige Axendrehung zeigen, was nicht der Fall ist.

In Uebereinstimmung mit der linksspiraligen Torsion der überwiegenden Mehrzahl der Pflanzen finden wir nun die Spiralgefässe der Pflanzen fast durchweg linksspiralig gewunden, sodass es scheint, als seien die torsionerzeugenden Kräfte, welche unbedingt den Elementarteilen der Pflanzen,

1) Schleiden M. J., Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik, Leipzig 1861. S. 369 f.

d. h. den Zellen und ihren Abkömmlingen innewohnen müssen, überwiegend in linksspiraligem Sinne thätig. Die linksspiralige Windung der Spiralgefäße hat auch statt bei denjenigen Pflanzen, welche rechtsspiralige Axendrehung besitzen, wie *Acer pseudoplatanus* u. a. Bei letzteren finden wir also wiederum beide Drehungsrichtungen vor und die eine derselben gibt als die übermächtige die Drehungsrichtung für die ganze Pflanze an. — Es leuchtet ein, dass beide Drehungsrichtungen sich auch das Gleichgewicht halten können, sodass das Gesamtergebnis der Axendrehung gleich Null oder verschwindend klein wird. Auch wird es verständlich, dass es Pflanzen gibt, welche in dem einen Internodium rechtsspiralig, in dem folgenden linksspiralig u. s. w. drehen, ja wir verstehen, wie es vorkommen kann, dass bei Pflanzen, welche gewöhnlich linksspiralig drehen, auch Ausnahmen, d. h. rechtsspiralig drehende Exemplare, auftreten. Es wäre gewiss interessant, zu erforschen, ob die Windungen der Spiralgefäße in den sich entsprechenden Hälften bilateral symmetrischer Pflanzen sich in ähnlicher Weise entgegengesetzt sind, wie die Spiralwindungen der beiden Körperhälften symmetrisch gebauter Tiere, ob z. B. in den zweizeilig gestellten Blättern der Jungermannien, von denen die der einen Reihe das Spiegelbild derjenigen der andern Reihe sind, die Spiralgefäße entgegengesetzt spiralig verlaufen.

Die Tüpfelgefäße, welche sich von den Spiralgefäßen ableiten lassen, zeigen die spiralige Anordnung in der spiraligen Stellung der Tüpfel, welche mit ihrem Längsdurchmesser weder längs noch quer, sondern stets schräg zur Längsaxe des Gefäßverlaufs gestellt sind.

Wie die Spiralgefäße, so besitzen auch die Milchröhren oder Milchsaftgefäße der Pflanzen spiralige schichtenweise Auflagerungen auf ihrer Innenwand, wie man sich an älteren Gefäßen dieser Art, besonders leicht in den Stämmen der blattlosen Euphorbien, überzeugen kann.

Bei windenden Pflanzen finden wir bald links-, bald rechtsspiralige Windung vor. Die mit den Windungen einhergehenden Torsionen, d. h. die eigentlichen Axendrehungen sind in der Regel homodrom, sie werden nach neuern Untersuchungen von Kohl¹⁾ antidrom nur dann, wenn die Stütze für die windende Pflanze eine gewisse Dicke überschreitet. Wenn wir durch das Vorkommen von rechtsspiralig windenden Pflanzen mit linksspiraligen Spiralgefäßen und rechtsspiraliger Axendrehung (Faserverlauf) wiederum darauf hingewiesen werden, rechtsspiralig und linksspiralig drehende Kräfte in ein und derselben Pflanze anzunehmen, so wird diese Annahme weiterhin unterstützt dadurch, dass es windende Pflanzen gibt, welche bald rechts-, bald linksspiralig winden, während sich in der Regel bei ein und derselben Pflanzenart die bestimmte Drehungsrichtung in ein und demselben Sinne ausgebildet findet. Es kommt sogar vor, dass auf ein und demselben Exemplar

1) F. G. Kohl, Beitrag zur Kenntnis des Windens der Pflanzen. Marburger Habilitationsschrift, Separat-Abdruck aus Pringsheims Jahrb. der wissenschaftlichen Botanik Bd. 15. H. 2. 1884 (aus dem Strassburger botanischen Institut).

eine Anzahl von Windungen rechtsspiralig, dann eine Anzahl linksspiralig gewunden sind, so z. B. bei *Blumenbachia lateritia*, *Scyphantus elegans* und *Hibbertia dentata*. Bei den meisten tropischen Schlingpflanzen wechselt nach jedem Umlauf die Richtung der Spirale, so bei *Bauhinia lingua*.¹⁾

Die spiraligen Windungen der Ranken mancher Pflanzen, z. B. des Weinstocks, stehen zweifellos mit der Wachstumsdrehung im Zusammenhang.

Den Ranken ein und derselben Pflanze ist in der Regel die Art der spiraligen Windung vorgeschrieben, d. h. die Ranken drehen in demselben Sinne. Dass die Spirale bei langen Ranken manchmal, nachdem sie einen festen Gegenstand umklammert haben, eine Zeit lang in der Homodrome dreht und dann plötzlich umkehrt, hat Sachs²⁾ in überzeugender Weise erklärt. Die den Ranken zukommende Eigenschaft gegen Berührung reizbar zu sein, steht mit der Annahme einer ihr innewohnenden Kraft, in bestimmt spiraligem Sinne zu winden, in keinem Widerspruch. Ranken, welche bis zum vollendeten Längenwachstum keinen Berührungsreiz erfahren haben, fangen an, von der Spitze her sich korkzieherartig zu winden, dann trocknen sie ein. Diese spontanen Windungen sind stets gleichlaufend, d. h. die Spiralwindung setzt in der Ranke nicht um.

Bei manchen Pflanzen macht der Blütenstiel, analog dem sich windenden Stengel, bis zur Zeit des Aufblühens eine halbe Drehung durch, sei es als echter Blütenstiel (so bei *Calceolaria* und einigen Orchideen), sei es als unterständiger Fruchtknoten, wie bei den meisten Orchideen. Die Blütheile (Blütenhülle, Kelch, Krone, Staubfäden und Fruchtblätter) stehen oft in einem oder mehreren Kreisen; in letzterem Falle (*Ranunculaceen* und *Dryadeen*, *Magnoliaceen* u. s. w.) geht der Kreis in die Spirale über. (Schleiden).

Ausser den beschriebenen Erscheinungen spiraligen Wachstums im Pflanzenreich haben wir nun eine grosse Reihe von Erscheinungen, welche darauf hindeuten, dass die drehenden Kräfte den elementaren Theilen, d. h. den Zellen und ihren unmittelbaren Abkömmlingen selbst innewohnen.

Bei der Bildung der Spiralgefässe und ihren Umbildungen, den porösen, getüpfelten Gefässen und den Ringgefässen, handelt es sich um Abscheidungen auf die Innenwand der Zellen, wie Valentin³⁾ nachgewiesen hat. Diese Abscheidungen, welche mit dem Verholzungsprozess auf das engste verknüpft sind, können nicht anders als unter dem Einfluss einer besonderen Thätigkeit des lebendigen Zelleninhaltes, möglicherweise infolge einer spiraligen Bewegung desselben, zustande kommen.

Die sekundären Zellmembranen, d. h. die Schichten, welche nach und nach auf die Innenwand der Zellen abgelagert werden, erscheinen fast stets in solchen Spiralen. Aber auch da, wo sie sich unter dem Bilde einer

1) Vergl. Schleiden, auf S. 357 s. Werkes.

2) J. Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, Leipzig 1882. S. 811.

3) G. Valentin, Repertorium der Anatomie und Physiologie, Berlin 1837, Bd. I, S. 88–109. 2 Fig.

gleichförmigen glatten Haut zeigen, ist es zweifelhaft, ob dieser eine besondere Struktur fehlt; denn es reißen solche Zellen, wenn sie in die Länge gezogen werden, zuweilen in schiefer Richtung ein, so dass sie mehr oder weniger vollständig in ein spiralförmig gewundenes Band ausgezogen werden können. H. v. Mohl¹⁾ glaubt aus diesem Verhalten schliessen zu können, dass die sekundären Zellmembranen, ohne aus wirklichen Primitivfasern zusammengesetzt zu sein, doch einen faserigen Bau besitzen, indem ihre Moleküle in der Richtung einer Spirale fester als in den übrigen Richtungen zusammenhängen.

Die Membran der Zellen mancher Hölzer z. B. von *Pinus sylvestris* und die Baströhren von Apocynen und Asclepiadeen ist, wie die mikroskopische Untersuchung lehrt, in der That feinspiralig gestreift. In anderen Fällen treten statt der Streifen vollkommene in spiraliger Richtung verlaufende Spalten auf, durch welche die sekundären Schichten in parallel mit einander verlaufende breitere oder schmalere Bänder (Fasern) geteilt werden. Die Richtung der Spirale pflegt in allen Zellen eines Gewebes die gleiche zu sein, sie ist in der Mehrzahl der Fälle linksgewunden; eine Ausnahme bilden die Zellen der Baströhren der Apocynen, bei ihnen sind einzelne Membranen derselben Zelle in verschiedener Richtung gewunden. Diese Spiralfasern finden sich in selteneren Fällen in gewöhnlichen Parenchymzellen des Stammes und der Blattstiele (z. B. bei verschiedenen Arten von *Nepenthes*, bei Orchideen u. s. w.), häufiger sind sie auf besondere Organe eingeschränkt, z. B. bei den Lebermoosen auf die Elateren, bei *Equisetum arvense* auf die Zellen des Sporangium, bei *Sphagnum* und bei vielen tropischen Orchideen auf einen Teil der Zellen des Blattes und die Zellen der Rinde, bei den Cetaceen auf die Haare, bei vielen Polemiaceen auf einzelne Schichten der Samenhäute, bei vielen Pflanzen, besonders den über Wasser blühenden Compositen, Liliaceen, auf die Antherenzellen u. s. w.; bei anderen (Cucurbitaceen) auf die Samenhüllen. Das Vorkommen von spiraligen Verdickungsschichten in der Samenepidermis ist etwas ganz gewöhnliches. — Meyen²⁾ entdeckte auf der Insel Luçon eine Pflanze *Stelis*, bei welcher sämtliche Parenchymzellen feine spiralig gewundene Streifen zeigen. Derselbe wies auch zuerst die linksgewundenen Spiralen in den Elateren der Lebermoose nach. — Höchst auffallend sind die spiraligen Bildungen in den Zellen der Sporenfrüchte bei den Lebermoosen, die beweglichen Spiralfäden in den Antheridien der Characeen, Moose, Lebermoose und Farnkräuter. Wenn wir die Spiralbänder in den Spiralgefässen und ihren Abkömmlingen für Auflagerungen auf die innere Wand der Zellmembran, d. h. für spiralförmige stickstofffreie Ausscheidungen aus dem Zelleninhalt erklären müssen, so haben wir

1) Siehe R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. 4. Braunschweig 1853. S. 179 ff., die vegetabilische Zellmembran, von H. v. Mohl, der ich auch die folgenden Notizen über spiralige Anordnung in Pflanzenzellen entnommen habe.

2) Meyen, Neues System der Pflanzenphysiologie I, S. 45.

es in obigen Fällen mit besonderen spiralförmigen Gestaltungen des stickstoffhaltigen Inhaltes der Zelle, des Zellenprotoplasma zu thun. Unger¹⁾ war der Erste, der in den zartwandigen Zellen der Moose und Lebermoose die bekannten Spiralfäden entdeckte, die er wegen der täuschenden Aehnlichkeit der Form und Bewegung für Tiere hielt und mit dem Namen *Spirillum bryozoon* belegte. Die Bewegung dieser Spiralfäden ist bald eine rotierende, wenn die Spirale, in welcher der Faden zusammengerollt ist, die Form der Uhrfeder hat, bald eine fortschreitende, wenn die Spirale dem Korkzieher gleicht. Wie in letzterm Falle die Spirale gewunden ist, darüber finde ich keine Angaben. Genaueres über diesen Gegenstand findet sich ausser der erwähnten Arbeit von v. Mohl²⁾ bei Valentin³⁾, Nägeli⁴⁾ u. A. — Gewisse Pflanzenhaare sind mit Würzchen besetzt, welche in Spiralen um den Schaft gestellt sind. Schleiden⁵⁾ lenkte besonders die Aufmerksamkeit auf diese Beobachtung. Die Würzchen sind bald klein und gleichgross, wie bei den Borragineen, Urticeen, Malvaceen, bald sind sie auch längere streifenartige Erhöhungen der äussern Fläche, so an den Antherenhaaren von *Lobelia cardinalis*, an den zweiarmigen Haaren auf den jungen Zweigen von *Cornus mascula* u. a.; in anderen Fällen zeigen die Haare deutliche Höhlungen im Innern, wie bei den *Anchusa*-arten u. a.; kurz bei der mannigfaltigsten morphologischen Verschiedenheit bleibt die Spiralstellung erhalten. Bei den Haarformen an den Sprossachsen und Blättern, Wollhaaren, finden wir den ganzen Haarschaft nicht selten aus einem langen gewundenen Schlauch bestehend. — In den Haaren einiger Pflanzenarten, z. B. bei *Drosera* finden sich zuweilen Spiralgefässe. Es wäre sehr interessant zu untersuchen, ob in diesen Fällen der Haarschaft homodrome Axendrehung mit den Spiralgefässen besitzt.

Auch an den Wurzeln mancher Pflanzen pflegt sich das spiralige Wachstum zu offenbaren. Bei den meisten tropischen Orchideen und einigen Aroideen liegt auf der Epidermis der Wurzeln (Adventivwurzeln) eine Schicht, welche gewöhnlich ganz aus den zierlichsten Spiralfaserzellen besteht, deren Inhalt nur Luft ist. Ganz analoge Spiralfibern zeigt die äusserste Schicht der Luftwurzeln von *Pothos crassinervis*. — Die Wurzelfäden der Algen und Pilze zeigen gewöhnlich die Scheidewände zwischen je 2 Zellen quer gestellt. In den Wurzelfäden der Laubmoose sowie der Characeen treten die Querwände schief zur Längsaxe auf, ein Verhältnis, welches auf Axendrehung beruhen dürfte.

Dass nun der lebendige Zelleninhalt, das Zellenprotoplasma, ja selbst der Zellkern bei der Bildung der zahlreichen im vorhergehenden

1) Unger, Ann. des sc. nat. 2me Sér. XI.

2) v. Mohl, Die vegetabilische Zelle.

3) Valentin, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Braunschweig 1847, Bd. II, S. 40.

4) Naegeli, Die Bewegung im Pflanzenreich, in dessen Beiträgen zur wissensch. Botanik. B. 2, S. 13. 1860.

5) Schleiden, S. 160 f. s. Werkes.

beschriebenen Spiralförmigkeiten eine hervorragende Rolle spielt, geht aus den spiralförmigen Strömungen des Zellenprotoplasmas hervor. Den Botanikern ist es längst bekannt, dass das Protoplasma der Zellen längs der Zellenwandung in einem breiten, kreisförmig in sich zurücklaufenden Strom auf der einen Seite in die Höhe, auf der andern abwärts fließt. Besonders schön ist diese Strömung in den Blattzellen von *Vallisneria spiralis* und in den Zellen von *Chara*, deren innere Seite mit spiralig ansteigenden Reihen von Chlorophyllkörnern besetzt ist, denen die Strömung genau folgt. In diesen beiden Fällen ist das spiralige Auf- und Absteigen des Protoplasma sehr in die Augen fallend, weil die Richtung der Spirallinien sehr schräg zur Längsaxe der Zellen verläuft. Es scheint mir jedoch die Ansicht statthaft, dass die Strömungen des Protoplasma in keiner Zelle genau der Längsrichtung entspricht, sondern eine schräge ist, woraus dann eine Strömung mit langgestreckter Spiralkrümmung folgen würde. Auf dieses Verhältnis hat Schleiden¹⁾ aufmerksam gemacht. Bei *Nitella* beobachtete er, dass die Bewegungen des Zelleninhaltes nicht vollkommen der Axe parallel sind, sondern dieselbe in einem kleinen Winkel schneiden. Wo zwei Zellen zusammenstossen, haben die an der Scheidewand verlaufenden Ströme eine entgegengesetzte Richtung, ein Beweis, dass die spiralige Zirkulation in den betreffenden beiden Zellen eine homodrome ist, man vergleiche das Schema in Fig. 39. —

Der spiraligen Zirkulation des Protoplasma verdankt das Chlorophyll in manchen Zellen seine Spiralstellung. Die prachtvoll linksspiralig gewundene Membran der ruhenden Spore von *Spirogyra jugalis*, welche auch nach der Keimung dieselben Spiralwindungen noch lange erkennen lässt, ist ein stickstoffhaltiges Chlorophyllprodukt, welches Zeugnis dafür ablegt, dass die Kräfte, durch welche es zur spiraligen Anordnung von Zellenbestandteilen kommt, dem lebendigen Zelleninhalt selbst innewohnen.

Auch in dem Teilungsvorgang der Pflanzenzelle und ihres Kernes u. s. w. scheinen Andeutungen an Axendrehungen vorzukommen. Nach Strassburger²⁾ wird das Nuclein des Kernes zunächst grobkörnig, die Körner verschmelzen zu Fäden, welche bald mehr grade, bald gewunden verlaufen. Zu beiden Seiten (polarwärts) werden die von Strassburger „Spindelfasern“ genannten Gebilde sichtbar. Dieselben laufen nicht grade, sondern in Krümmungen, die auf Axendrehung hindeuten.

Endlich erwähne ich noch die mannigfachen spiraligen Windungen, die wir bei den Vibrionen und Spirillen der Schizomyceten vorfinden. Auch sie deuten auf in spiraligem Sinne wirkende den Zellen innewohnende Kräfte hin.

Zum Schluss erwähne ich noch einer Thatsache, welche mit der Axendrehung in den Axenorganen der Pflanzen in Zusammenhang steht und durch

1) Schleiden, S. 210 s. Werkes.

2) Strassburger, Zellbildung und Zellteilung, Jena 1880.

dieselbe erklärt werden muss. Nach dem von Schimper und Braun entdeckten Gesetz der spiraligen Blattstellung bilden die einzeln stehenden Blätter in ihrer Aufeinanderfolge am Stengel oder der Axe, welcher sie ansitzen, eine diese umwindende Spirale und sind auf dieser in gleich weiten, einen bestimmten Teil des Stengelumfanges bildenden Entfernungen verteilt. Den Abstand je zweier aufeinanderfolgender Blätter nennt man die Divergenz, sie ist konstant. Haben die Blätter den Umfang vollständig umkreist, so hat man einen Blattwirbel oder Cyclus. Hier müsste also das den Schluss des Cyclus bildende Blatt wiederum senkrecht über dem ersten stehen. Genau genommen ist dies nicht der Fall und man hat diese Abweichung als Argument gegen das genannte Gesetz in's Feld geführt, gewiss mit Unrecht; denn es kommt noch die spontane Drehung der Axe in Zugang (bei Homodrome) oder in Abgang (bei Antidrome). Dass die spontane Axendrehung nicht an allen Punkten die gleiche Spiralensteigung besitzt, dass letztere in verschiedenen Höhen bald zu-, bald abnimmt, zuweilen gleich Null und gar in die entgegengesetzte Richtung (z. B. am Stamm Links-, an den Zweigen Rechtsspirale) umsetzen kann, ist erklärlich, und hieraus ergibt sich von selbst, dass die gesetzmässige Divergenz manchen Unregelmässigkeiten unterliegt.

A n h a n g.

Kapitel XII.

Weitere Beobachtungen über spiralige Axendrehung bei tierischen Organismen.

Der erste, welcher den Versuch gemacht hat, den Nachweis zu führen, dass die zahlreichen Erscheinungen spiraliger Ablagerung in Pflanzenzellen und -Gewebe auch in tierischen Zellen und Geweben vorkommen, scheint Valentin¹⁾ gewesen zu sein. Er hat die Epithelzellen der feinen Epithelbekleidung der Plexus chorioidei gradezu mit den Pflanzenzellen im allgemeinen und besonders mit den ersten Formationsstadien des Blattes verglichen, indem sie eine, den strengsten Gesetzen in der Fläche projicierter Spirallinien entsprechende Stellung zueinander haben. — Schwann²⁾ glaubte an den Muskelfasern spiralige Andeutungen gefunden zu haben, welche mit der spiraligen Anordnung der sekundären Ablagerungen in Pflanzenzellen verglichen werden können. Er meint, man könnte es vielleicht als eine Folge dieser Tendenz zur Spiralbildung betrachten, dass die Primitivfasern der Muskeln stellenweise perlschnurartig angeschwollen sind, indem diese Anschwellungen so liegen, dass sie die Querstreifung erzeugen und diese Querstreifung vielleicht keine kreisförmige, sondern eine spiralige ist. Doch sei dies nur eine entfernte Vermutung, die einer weiteren Untersuchung bedürfe. — Im Jahre 1842 trat dann Valentin³⁾ mit weiteren vergleichenden Untersuchungen hervor. Kleinere Arterien bieten nach ihm bisweilen unter gewissen Verhältnissen mittels ihrer Zirkelfaserschicht ein den Ring- oder Spiralfaserbildungen entfernt ähnliches Bild dar. Auch seien die von Henle zuerst wahrgenommenen Bewegungen des mit Kugeln reichlich versehenen Inhalts des sogen. Hodenbläschen des Blutegels mit dem Charenphänomen zu vergleichen; die isolierten Bläschen böten diese Bewegungs-

1) G. Valentin, Nov. Act. nova cent. Vol. XVIII. P. I. 96. 1836.

2) Schwann Th., Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen; mit 4 Kupfertafeln. Berlin 1839, S. 167.

3) G. Valentin, Gewebe des menschlichen und tierischen Körpers, in Rud. Wagners Handwörterbuch der Physiologie, Bd. I. S. 621 und 634. 1842. — Derselbe in demselben Bande S. 484—516: Ueber Flimmerbewegung.

erscheinungen stundenlang dar, bei welchen sie sich drehen u. dergl. Weiterhin kämen bei der Flimmerbewegung mancherlei Andeutungen an spiralige Bewegung vor. Anton de Heide (1683) habe bereits die durch Flimmerbewegung erzeugte Axendrehung (Rotation) der Embryonen von Schnecken und Polypen gefunden, Bohadsch (1748) sah die Rotation der Tintenfischembryonen, Purkyne (1835) und er selbst (1835) hätten festgestellt, dass im Froschei ein Rotieren des Embryo durch Flimmerbewegung statthabe, Bischoff und Barry hätten gefunden, dass das Ei des Kaninchens kurze Zeit nach seiner Befruchtung Flimmerhärcchen erhalte und zu rotieren anfangen, Rusconi habe die Rotation an Hechteiern 30 Stunden nach ihrer Befruchtung gefunden. Bei den Branchiostomen hätten Müller und Retzius unmittelbar hinter der grünen, in der Darmhaut befindlichen Leber eine Stelle mit Flimmerepithel gefunden, welches den Exkrementen eine rasche Bewegung um ihre Axe verleihe. Die Strudel in Flüssigkeiten würden oft durch Flimmer hervorgerufen, so z. B. durch die rasche Bewegung haarförmiger Organe vieler Infusorien; dasselbe fände im Innern des Polypenkörpers statt; wenn der flimmernde Körper frei im Wasser schwimme, so erhalte er eine durch die Flimmerbewegung vorgeschriebene Bewegung, welche oft eine spiralige sei u. s. w.

Man kann nun Andeutungen an spiralige Beschaffenheit und spiraliges Wachstum tierischer Zellen und Gewebe in allen Tierklassen in grosser Zahl vorfinden.

I. Protozoen.

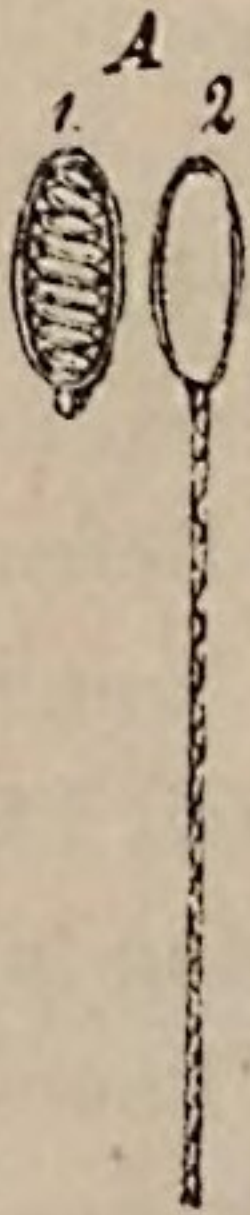
Die sich aneinander reihenden Zellen der Rhizopoden bilden in der Regel spirale Reihen, die sich wie eine Schraube nach einer Seite hin aufwinden, also schief gegen einander zu stehen kommen. Die Spiral- oder Schraubenwindung ist in der Regel überall in demselben Sinne gedreht. — Der Verlauf der Mundöffnung bei *Paramecium caudatum* vom vordern Körperende spiralig (schräg zur Längsaxe) nach dem hintern Körperende hin ist eine Drehungserscheinung. — Die Stützorgane des Körpers der Protozoen, welche unmittelbare oder mittelbare Differenzierungen des Protoplasma sind und den Körper bei vielen als Schalen oder Gehäuse überziehen, zeigen vielfach eine spiralige Anordnung der Kammern in einer oder in verschiedenen Ebenen, wodurch es zu den mannigfachsten äusseren Formen kommt, bald durch Ueberlagerung der Spiraltouren, bald durch Verkürzung oder Streckung der Spiralaxe u. s. w.; bald verschwindet auch die Spiralform auf der äussern Oberfläche und ist nur in den ersten Kammerbildungen zu erkennen. — Auch in dem Skelett mancher Radiolarien erkennt man die Spiralform wieder.

II. Coelenteraten.

Hier finden wir die Spirale wieder am Siphonophorenstock. Die allseitige Gruppierung der Personen um den Stock herum erfolgt durch spiralige Drehung des Stockes. — Bei den Spongien findet man ausgeprägte

Wachstumsdrehungen in meist gleichgerichtetem Sinne. So ist der Stiel von *Hyalonema* stets linksspiralig gedreht wie der Stamm der Coniferen. — Bei *Mäandrina* entstehen Stöcke mit zahlreichen Mundöffnungen, die in mannigfach gewundenen, am Rande mit Tentakeln besetzten Reihen angeordnet sind. —

Fig. 40.



Die Nesselkapseln der Acephalen (Fig. 40), feste im Zellenprotoplasma entstehende Kapseln, enthalten in ihrem Innern einen elastisch spiralig eingerollten Faden, der meist bei Berührung der Kapsel als starres Gebilde nach aussen vortritt; in der Regel scheint die Linksspirale vorhanden zu sein.

III. W ü r m e r.

Bei den Würmern fängt die bilaterale Symmetrie an. Dementsprechend haben wir in beiden Körperhälften entgegengesetzt spiralige Windungen. Letzteres ist an den Fühlern mancher Würmer ohne weiteres zu erkennen; dasselbe gilt von den sogenannten Seitenorganen der Nemertinen und dürfte sich an allen Organen nachweisen, welche, bilateral symmetrisch angelegt, deutliche Windungen zeigen, so an den Exkretionsorganen, den spiralig aufgerollten Leisten der Büschel der Sabelliden, auf welchen sich die einzelnen Fäden aufreihen. — Der Rüssel der Nemertinen ist häufig spiralig gewunden und dürfte beim Hervorstrecken spiralige Axendrehung beschreiben.

IV. E c h i n o d e r m e n.

Hier finden wir den Darmkanal der Larven der Holothurien und Seesterne in spiralige Windungen gelegt. Bei den Crinoiden beschreibt das Darmrohr eine Spiraltour, bei den Echinoiden mehrere. — Die paarig aus den Armen der Asteroiden hervortretenden Ambulacralfüsschen haben das eine rechtsspiralige, das andere linksspiralige Windung.

V. A r t h r o p o d e n.

Die Gliedmassen der Branchiaten sind rechterseits linksspiralig, linkerseits rechtsspiralig gewunden; dasselbe gilt von den Antennen der Tracheaten. — Die zu einer Röhre verbundenen Unterkiefer der Schmetterlinge bilden einen langen spiralig einrollbaren Rüssel. — Die Hautdrüsen der Wachs bereitenden Insekten, ferner die Spinndrüsen der Araneen, die langen den Seidenfaden spinnenden Drüsenschläuche der Larven mancher Schmetterlinge, Käfer und Hymenopteren sind spiralig gewunden. — Die seitlichen Fortsätze des Magens der Spinnen, der Mittel- und Enddarm der Orthopteren und Dipteren ist vielfach spiralig angelegt. — Aber auch die Anhangsorgane des Munddarms (Speicheldrüsen), des Mitteldarms (Leberschläuche), des Enddarms (Malpighische Gefässe) sind stets spiralig gewunden. — Die Exkretionsorgane der Crustaceen liegen unter dem Integument des Kopfes in Form eines spiralig gewundenen Schlauches, der an der Basis des äussern Antennenpaares ausmündet. — Die Schalendrüse der Entomostraken ist gewunden. — Die

Tracheen erinnern durch ihre spiraligen Fäden an die Spiralgefässe der Pflanzen.

VI. Brachiopoden.

Der entgegengesetzt spiraligen Windung der Fangarme ist schon früher Erwähnung gethan.

VII. Mollusken.

Die Schale der Mollusken ist spiralig geformt. Entweder liegt diese Spirale in einer Ebene (Ammoniten, Nautiliden), oder sie tritt aus der Ebene hervor und ist dann meist rechtsgewunden. — Die Kiemen bestehen bei den Oktopoden aus vielfach gewundenen Hautfaltengruppen. — Bei Siliquaria ist das ganze Tier samt seiner Schale rechtsgewunden. — Dass die Spirale der Schale die Windungen des Darmes und der Leber widerspiegelt, ist schon früher gesagt.

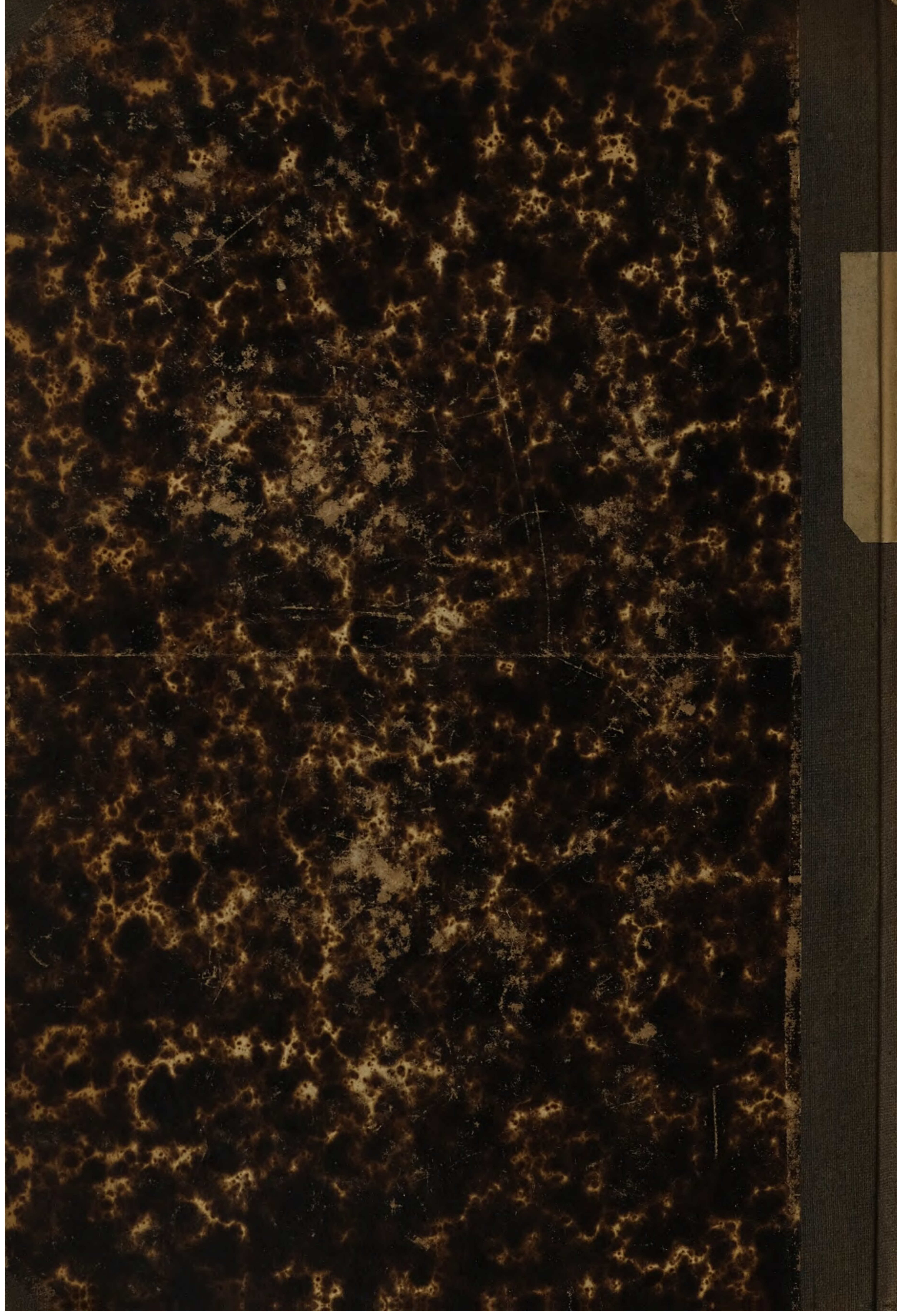
VIII. Tunikaten.

Die Wimperstreifen am Eingang der Kiemenhöhle sind mit zilientragenden Zellen besetzte seichte Furchen, welche dorsalwärts verlaufend entweder zum Oesophagus ziehen oder in der Nähe des grossen Ganglions in eine Spiraltour auslaufen. — Der Darm und die Geschlechtsorgane, besonders die männlichen, sind vielfach spiralig gewunden.

Strassburg i. E., August 1886.

Berichtigung :

Seite 33 Zeile 28 und 29 lies: Mundknochen, Barten, Bartenhaaren
statt Kiemenknochen, Kiemen, Kiemenhaaren.



Fischer, Ernst

Das Drehungsgesetz bei dem Wachstum der Organismen

Strassburg 1886

Anat. 163 I

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11549852-9